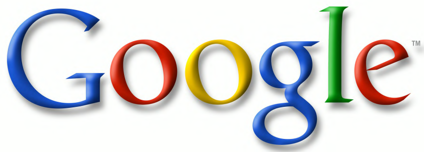


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

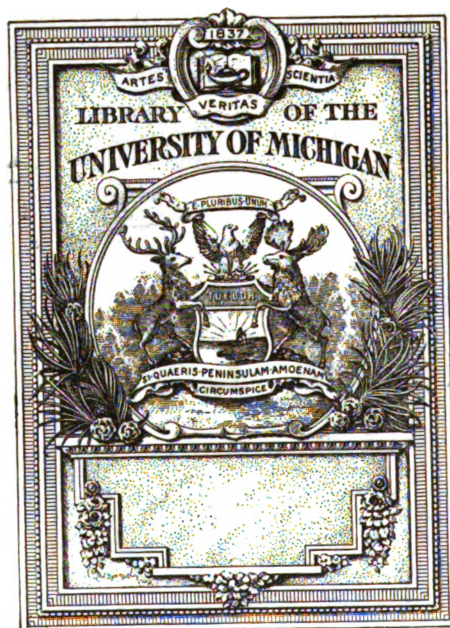
About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



Himmel und Erde

Digitized by Google



Digitized by Google

QB
1
.H65

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Illustrierte naturwissenschaftliche Monatsschrift.



Digitized by Google

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Illustrierte naturwissenschaftliche Monatsschrift.

Herausgegeben

von der

GESELLSCHAFT URANIA ZU BERLIN.

Redakteur: **Dr. P. Schwahn.**

XX. Jahrgang.



BERLIN.
Verlag von Hermann Paetel.
1908.

Digitized by Google

Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Verzeichnis der Mitarbeiter

am XX. Bande der illustrierten naturwissenschaftlichen Monatsschrift „Himmel und Erde".

195366

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhalt des zwanzigsten Bandes.

Größere Aufsätze.

Digitized by Google

Mitteilungen.

Digitized by Google

Bibliographisches.

Himmelserscheinungen.



Digitized by Google

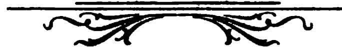
Digitized by Google

Namen- und Sachregister
zum zwanzigsten Bande.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

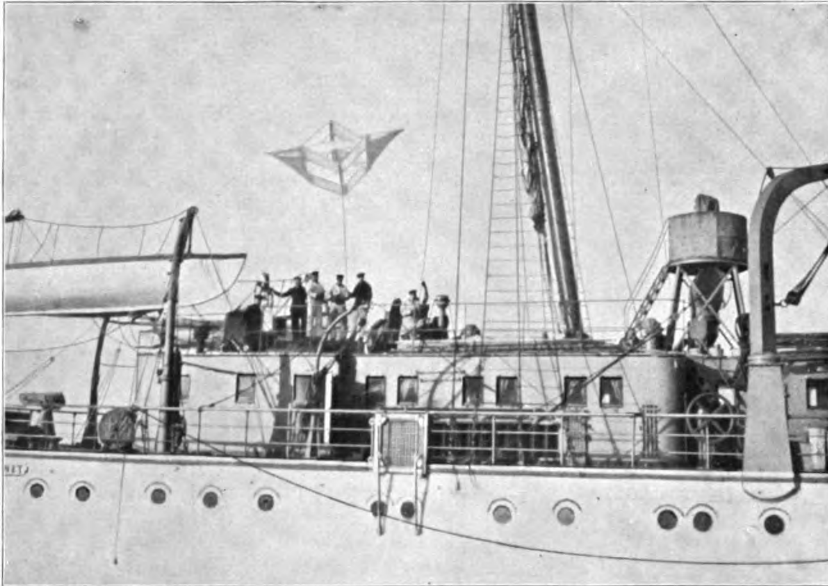


Fig. 1. Ein großer Drachen an Bord des „Planet“
kurz vor dem Aufstieg.

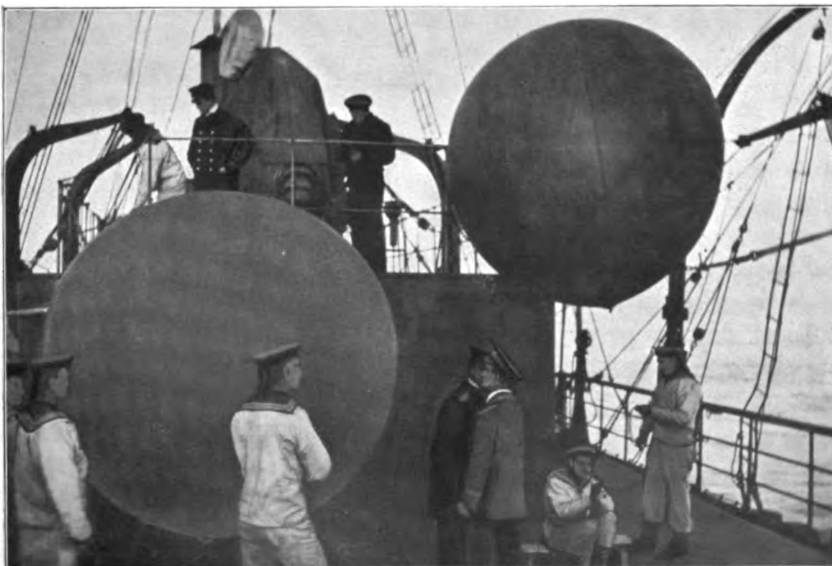
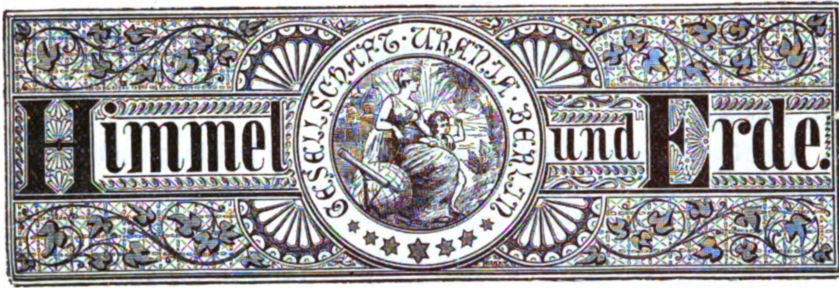


Fig. 2. Registrierballons an Bord des „Planet“.

Digitized by Google

Digitized by Google



Eine Studie des Goldes.

Von Professor **Paul Lange** in Danzig.

Nach Golde drängt, am Golde hängt doch alles, läßt Goethe Gretchen deklamieren — und so ist es denn auch wohl erklärlich, daß die Kunst, Gold zu machen, die Geister aller Zeiten, selbst noch im 19. Jahrhundert erregt hat. Die Alchimie, die vor allem den Stein der Weisen zu finden, d. h. ein Mittel, unedles Metall, und sei es selbst Silber, in Gold zu verwandeln, bestrebt war, hat gläubige Jünger noch im Jahre 1896 in Amerika gefunden, die allerdings nicht vom Forschungsdrange beseelt waren, sondern, wie sie selbst äußerten, nur Mammonsdienst betreiben wollten.

Das Argentaurum, wie es Emmens in einem mit reichen Mitteln ausgestatteten Argentaurum-Laboratorium am Broadway in New York aus Silber dargestellt haben will, hat wissenschaftlichen Untersuchungen nicht standhalten können; auch hat man im Börsenleben nichts darüber gehört, was, falls gerade diese Erfindung Aussicht und Glauben gefunden hätte, doch jedenfalls zu erwarten gewesen wäre.

Das Gold hat eine sehr große Verbreitung, liegt tatsächlich auf der Straße, wenn es nur Mittel und Wege gäbe, diese Schätze zu heben. Eckfeld hat durch spektralanalytische Versuche in der Münze zu Philadelphia nachgewiesen, daß Gold fast ebenso verbreitet ist wie Eisen und daß die meisten Metalle mit Gold verunreinigt sind. In dem Tonboden, auf welchem die Stadt Philadelphia steht, fand er nach Entnahme seiner Proben in $^1/_4$ m Tiefe Gold im Verhältnis von 1 auf 1224000 trockene Teile. — Das erscheint allerdings sehr wenig; aber da Philadelphia auf einem Tonlager von etwa 4180000000 Kubikfuß ruht, so würden darin

Digitized by Google

immer 480000000 M. stecken. — Ähnliches ist von dem Pariser Boden behauptet worden, ohne daß natürlich jemand daran denkt, diesen Reichtum auszubeuten.

Die Notwendigkeit, das Gold, den schönsten und wichtigsten Repräsentanten der Edelmetalle, zu beschaffen, treibt den Menschen in die wüstesten Wüsten; er macht die Wüsten bewohnbar, solange sie hinreichend Gold enthalten und liefern. So nicht allein in Westaustralien, wo sich im Innern die reichen Goldfelder von Murchison, Coolgardie und Dundas hinziehen, sondern auch in anderen Erdteilen, gleichviel, ob deren Einöden polarische oder tropische sind. Erklärlich ist solches Vorgehen. Der in raschem Tempo sich vermehrende Handel (der deutsche hat sich in den letzten 25 Jahren verzweihundertfacht) bedarf trotz des sich in Geschäftskreisen immer mehr einbürgernden Scheckverkehrs metallischer Zahlungsmittel, und das Silber ist dazu zu schwerfällig.

Bis vor kurzem hat man behauptet, daß Silber sich eher zum Wertmesser eigne als Gold, weil es in den von uns erreichbaren Schichten der Erdrinde häufiger sei als dieses, an dem über kurz oder lang Mangel eintreten müsse, wenn man es ferner vorzugsweise für Münzzwecke verwende, indem keine Hoffnung vorhanden sei, noch viel reiche Goldfelder zu entdecken, ja, daß die dermalige Produktion nur eine Nachlese sei usw. usw.

Gerade das Gegenteil ist festgestellt worden; Australien, Südafrika, Nordamerika (Alaska und Labrador) und Sibirien sind in die Reihe der goldproduzierenden Länder eingetreten.

Weitere wichtige Goldfunde stehen uns in größter Wahrscheinlichkeit noch bevor, wenn auch nicht in den von alter Kultur oder neuer Zivilisation um-, auf- und durchgewühlten Ländern. Aber was gehört denn zu diesen? Europa, die Mittelmeerregionen, Süd- und Ostasien und zum Teil neben den Küstengegenden der außereuropäischen Kontinente die Vereinigten Staaten.

Was besagen jedoch diese Gebiete gegen die noch nicht auf ihren Metallreichtum untersuchten enormen Territorien von Mittel- und Nordasien, Australien, Innerafrika und Amerika! Eine geologische Karte der Erde zeigt in jedem Weltteile außer Europa recht große weiße, d. h. geologisch noch nicht genau durchforschte Räume. Sind doch überdies zivilisierte Bewohner mancher Gegenden lange ohne Kenntnis des Goldgehaltes ihres täglich betretenen Bodens geblieben, wie der Fall Sutters in Kalifornien es beweist (Fig. 1). — Am 24. Januar 1888 waren es 50 Jahre, daß das erste Gold in Kalifornien, und zwar in dem Wassergraben von Sutters' Sägemühle bei Colona gefunden wurde. Das bis dahin wenig bekannte Gebiet wurde durch die Goldentdeckung mit einem Schlage berühmt.

Digitized by Google

Es ist für den Geologen durchaus wahrscheinlich, daß in den bislang nur oberflächlich oder gar nicht erforschten Gebieten unserer Erde meist reiche Goldschätze zu heben sind.

Der Ozean bedeckt heute noch etwa 73% der ganzen Erdoberfläche und hat früher (geringfügige, zweifelhafte Ausnahmen abgerechnet) auch alles heutige Festland überdeckt. Seine salzigen Gewässer haben also hinreichende Zeit und Gelegenheit gehabt, von allen Stoffen, die unsere Erdrinde zusammensetzen, ein gewisses Quantum aufzunehmen; von allen Elementen existieren bekanntlich Verbindungen, die in Salzwasser löslich sind.

Man darf deshalb annehmen, daß Gold und Silber in nahezu demselben Verhältnis im Meerwasser vorhanden sind, wie sie in den oberen Erdschichten, die von der See im Laufe der Zeit abgesetzt und geseigert wurden, vorkommen.

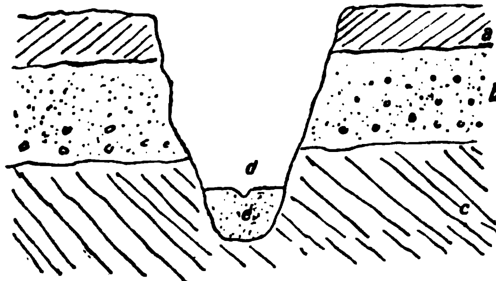


Fig. 1. Schema der kalifornischen Goldseifen.
a Tuffdecke, b Schotter des jüngsten Tertiärs, goldführend, c Bedrock, d Flußbett, e jüngste Flußalluvionen, goldführend. Nach Gürich.

Da nun in einer Tonne Ozeanwasser 6 mg Gold neben 19 mg Ag sich finden, so ist man berechtigt zu sagen, daß die Menge des Ag in der obersten Erdrinde etwa dreimal so groß sein muß als die des Goldes, und da wir im Verkehr und Haushalte noch lange nicht ein Drittel der Gegenstände aus Gold gegenüber von solchen aus Silber besitzen, so müssen noch viele reiche Goldfelder entdeckt werden, und deren Produktion muß mindestens gleichmäßige Steigerung mit den Fortschritten der Gewinnungstechnik innehalten. (Dr. C. Ochsenius.)

Gehen wir kurz auf den Umstand ein, daß das Meerwasser 0,006 g Gold in 1000 l enthält, das ist ein Wert von 1,668 Pfennig; auf die Gesamtmenge berechnet, macht das aber die Kleinigkeit von 5838 Billionen Mark reinen Goldes, entspricht also einem massiven Goldwürfel von $^3/_4$ qkm Seitenfläche. Würde man das im Meere enthaltene Gold gleichmäßig unter die 1600 Millionen Menschen verteilen, die die Erde bevölkern, so würde jeder unserer Mitmenschen die Kleinigkeit von $3^1/_2$ Millionen Mark in Gold erhalten. Da aber die Doppelwährung auch zu ihrem Rechte kommen müßte, könnten gleichzeitig 530 Millionen Mark, d. h. 320000 Mark pro Kopf, in Silber zur Verteilung gelangen, von dem das Meerwasser das $6^1/_2$fache des Goldes enthält.

Digitized by Google

Leider sind die Aussichten, dies hübsche Sümmchen zu verdienen, noch recht gering, wenn man auch neuerdings hierzu ein Mittel gefunden haben will, indem man das Gold auf große Silberplatten, die an Orten mit starker Strömung im Meer aufgehängt werden müßten, durch den elektrischen Strom, der durch die lebendige Kraft von Ebbe und Flut gewonnen werden könnte, niederschlagen will.

Die Anwendung des Goldes ist uralt. Bei den antiken Kulturvölkern Süd- und Ostasiens und des Mittelmeerbeckens wie auch in der hohen, längst vernichteten Kultur der mittel- und südamerikanischen Völker war das Gold bereits mindestens ebenso bekannt und im Gebrauch wie Kupfer und Bronze.

Das Gold kann gewonnen werden: 1. aus natürlichem Golde, 2. aus Golderzen, 3. aus goldhaltigen Erzen.

Das natürlich vorkommende, gediegene Gold enthält mehr oder weniger Beimengungen anderer Metalle, so daß der Gehalt der natürlichen Vorkommnisse an chemisch reinem Golde sehr wechselnd ist.

Gediegenes Gold wird als „Berggold“ oder „Waschgold“ gefunden. Berggold, in festen Fels eingewachsen, zeigt gewöhnlich irgendeine kristallinische Form. Würfel und Oktaeder sind zu eigenartigen Gruppen aneinander gereiht, so daß sie kaum noch zu erkennen sind. Mitunter erscheinen sie zu Blechen ausgezogen (Fig. 2b); immer aber kann man Kanten, Ecken, kleine scharf aufgesetzte Flächen erkennen, welche die noch stark verzerrte Kristallbildung erkennbar machen.

Ganz anders ist das Aussehen des Waschgoldes (Fig. 2a). Dasselbe bildet kleine Körnchen mit gerundeter Oberfläche. Von den deutschen Flüssen führt besonders der Rhein in seinem Sande Wasch- oder Seifengold mit sich. Nach Daubrées Berechnung liegen in der goldführenden Schicht zwischen Rheinau und Philippsburg 36000 kg Gold. Die Gesamtmasse des Goldes zwischen Basel und Mannheim schätzt er auf 52000 kg im Werte von 135 Millionen Mark, so daß man sich bei dem Worte Rheingold, das durch Richard Wagner einen so hohen poetischen und musikalischen Klang erlangt hat, wirklich etwas Greifbares vorstellen kann.

Zuweilen finden sich auch größere Stücke von Rohgold auf Seifenlagerstätten, die mitunter völlig Geröllen gleichen, oft aber auch wie abgerollte Kristallgruppen aussehen. Große Goldklumpen dieser Art, von den englischen Goldsuchern, den „Diggers“, Nuggets (s. Fig. 2a), d. h. Nüsse, genannt, fanden sich gelegentlich auf allen Seifenlagerstätten. Sie haben meist eine eigenartige gekröseartige Oberfläche. Als Berggold tritt das Metall gewöhnlich mit und im Gangquarz auf, oft moos- und bäumchenartige Gruppen bildend.

Digitized by Google

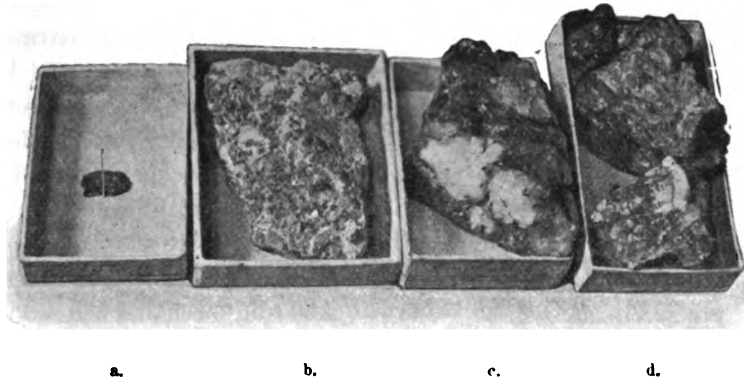
Sehr häufig bildet es aber auch auf den Klüften des Quarzes Körnchen und dünne Lamellen (Fig. 2b).

Die Farbe des rohen Goldes ist keineswegs konstant; sie wechselt in verschiedenen Nuancen von licht goldgelb bis fast rötlich gelb. Je mehr Silber ein Rohgold enthält, desto heller ist dasselbe.

Die Golderze, die zweite Quelle für Goldprodukte, sind zwar mineralogisch hochinteressant, doch für die Technik von untergeordneter Bedeutung, da ihr Vorkommen nur auf einige Fundorte beschränkt ist.

So ist das Schrifterz oder der Sylvanit, ein Silber-Goldtellurit mit 24 bis 26 % Gold, und das Blättererz, Tellurgold und Tellurblei mit 6 bis 9 % Gold besonders in Siebenbürgen gefunden und auf Gold ausgebeutet worden.

Goldhaltig sind endlich verschiedene Erze, besonders Schwefelkies,



a. b. c. d.

Fig. 2.

Ein Nugget (Nuß) aus dem Klondyke-Gebiet, durch den Bergwerksdirektor Hagen erhalten. b. Quarzit mit Goldblechen und Körnern aus Siebenbürgen. c. Goldführendes Konglomerat aus der Meyer-Charleston-Mine vom Witwatersrande bei Johannesburg-Transvaal. d. Goldführende Quarzite von Salzburg und Johannesburg.

a—d in $^1/_2$ natürlicher Größe. Die in der Photographie dunkel erscheinenden Partien sind Gold.

den ein Laie nur zu leicht für Gold hält, da er die Farbe und den Glanz des Goldes zeigt. Doch nicht alles, was glänzt, ist Gold, und auch nicht jeder Schwefelkies führt Gold. Von Alaska sind von der Treadvell-Mine auf Douglas-Island sehr reiche Schwefelkiese bekannt geworden. Aus 1000 kg, einer Tonne, hat man für 200 Mk. Gold gewonnen, das sind etwa 14 g pro Tonne. Arsenkiese sind ebenfalls zuweilen goldhaltig und oft reicher als Schwefelkies. So findet man Angaben über Arsenkiese, die 60 g Gold auf die Tonne enthalten. Auch Kupferkies, wie Bleiglanz und Zinkblende, enthalten gelegentlich Gold.

Sehen wir uns nunmehr nach den Hauptgolderzlagerstätten um, so ist Gold in allen älteren kristallinischen Gebirgen, den Urerstarrungsmassen der Erde, verbreitet. Wenn es auch im Gestein in so geringer Konzentrierung vorhanden ist, daß es kaum nachweisbar ist, so hat doch

Digitized by Google

in vielen Fällen der natürliche Aufbereitungsprozeß, der mit der Verwitterung und der Erosion verbunden ist, etwas größere Konzentration des Goldgehaltes auf Seifenlagerstätten bewirkt, so an Stellen, wo die im Wasser schwebenden Teile bei geringerer Bewegung desselben nach dem spezifischen Gewichte sich niedersetzten. Nur zu oft hat sich dies bestätigt gefunden: bei der Entdeckung fremder Länderstrecken in fernen Kontinenten war das erste, was man feststellte, Gold in den Flußsanden, so daß der Spruch sich bewahrheitete, terra nova — terra aurifera. Manchmal lohnte es sich, jene Flußalluvionen abzubauen, aber gewöhnlich waren sie bald erschöpft. Man kam auf den Fels, und dort war Gold nicht mehr nachweisbar.

Im Gegensatz zu dieser allgemeinen Verbreitung geringfügigen Goldes müssen die eigentlichen Goldfelder hervorgehoben werden. Es ist dies auch eine eigenartige Erscheinung: in einem Goldlande ist das edle Metall nicht auf seine Lagerstätte beschränkt, gewöhnlich findet es sich dort unter den verschiedensten Verhältnissen auf den verschiedensten Lagerstätten. — Es darf uns das nicht wundernehmen. Ist nur eine ergiebige primäre Lagerstätte vorhanden, so schaffen die hydrochemischen Prozesse*) in der Erdkruste und die mechanischen Vorgänge an deren Oberfläche sekundäre Lagerstätten der verschiedensten Art.

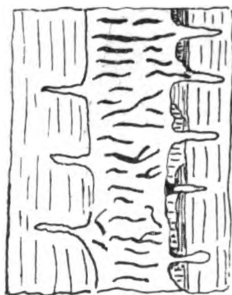


Fig. 3.
Grünsteingang mit leitersprossenartigen Quarztrümmern im Schiefergebirge, parallel mit einem Goldquarzgange auftretend.
Der Quarzgang wird von Apophysen des Grünsteins durchsetzt. Quarztrümmer und Quarzgang sind goldführend bei Woodspoint, Victoria, Australien.
Nach Ulrich.

Derartige als primär anzusehende Erstarrungs-Lagerstätten kennt man aber noch nicht viele. — Eine solche hat Schenk aus Südafrika mitgeteilt. Dort kommt Gold in Diabasen — Grünsteinen — vor. Eine andere wurde den Teilnehmern des internationalen Geologenkongresses in Rußland bei Jekaterinenburg gezeigt. Die Ingenieure gaben 1 g auf 1 Tonne Granit an. Allerdings wird ein festes Gestein auf diesen Gehalt hin nicht auf Gold verarbeitet werden. — Die Grünsteine Südafrikas aber, von denen Schenk berichtet, sind bis in größere Tiefen laterisiert, d. h. aufgeweicht, so daß das Gold ohne Schwierigkeit durch einen hydrochemischen Prozeß gewonnen werden kann, von dem noch zu reden sein wird. Auf Madagaskar endlich trifft man das Gold in allen Anschwemmungen sowie auch in den Verwitterungsböden (in sogenannter roter Erde oder Laterit) des Gneisgebietes, das hauptsächlich

*) 1897 ist es Zsigmondy gelungen, aus einer schwach alkalischen Goldchloridlösung, namentlich mittels Formol, kolloidales Gold, d. h. in viel Wasser in verschiedenen Farben lösliches Gold zu erhalten.

Digitized by Google

die Mitte der Insel einnimmt; der Verwitterungsboden lieferte schon Goldklumpen bis zu 450 g Gewicht. An Gesteinsproben, die von dort dem Pariser naturhistorischen Museum geschenkt wurden, erkannte jüngst Lacroix, daß das gediegene Gold einen ursprünglichen, normalen Bestandteil kristallinischer Schiefer des Urgebirges bildet. Sehr reich an Körnern und Kristallen von Gold, deren Größe in weiten Grenzen von der Sichtbarkeit für das bloße Auge bis zu weniger als dem tausendsten Teil eines Millimeters schwankt, zeigte sich ein Gneis, in dessen Gemengteilen die Goldpartikelchen in Art von Flüssigkeitseinschlüssen auftraten.

Die meisten bekannten Gold-Lagerstätten sind eigentlich gangartig und auf mechanischem Wege entstanden, vielleicht, wie manche Geologen annehmen, aus dem benachbarten Gestein herausgepreßt (s. Fig. 4c).

Lassen wir die Hauptgoldlagerstätten in geographischer Reihenfolge an uns vorüberziehen.

Zu den ältesten Nachrichten über die Verwendung von Gold gehören diejenigen des Alten Testamentes. Hiram und Salomo lassen ihre Schiffe aus dem Schilfmeere nach dem Lande Ophir fahren, von wo sie 420 Zentner Gold heimbrachten. Man hat irgend einen Teil von Afrika als das viel umstrittene Goldland Ophir anzusehen geglaubt.

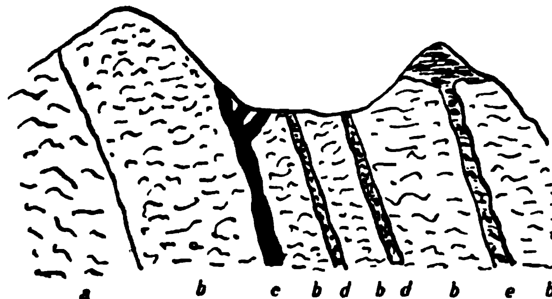


Fig. 4. Profil durch den Comstock-Lode.
a Syenit, b Propylit, c Erzgang, d Andesite, Trachite.
Frei nach Gürich: Das Mineralreich.

Nun wurden wirklich vor mehreren Jahren in der Gegend zwischen Limpopo und Sambesi große fremdartige Massivbauten aufgefunden mit genauer astronomischer Orientierung der einzelnen Teile.

Simbabye heißt die Örtlichkeit, und die Bauten dortselbst verraten eine hohe Kulturstufe; jedenfalls ist es nicht wahrscheinlich, daß jemals Neger diese aufgeführt haben sollten, es können dies nur fremde Einwanderer gewesen sein, aber sicher nicht solche aus den letzten Jahrhunderten. Sie können nur aus einer Zeit stammen, aus welcher uns keine historischen Daten vorliegen. Nun ist zwar zwischen Vasco da Gama und Salomo ein großer Zeitabstand. Bevor aber nicht durch erneute, genauere Untersuchungen jener Ruinen ein anderer Sachverhalt wahrscheinlicher wird, ist die Annahme, daß dort bereits durch Phönizier Bergbau betrieben worden sei, wohlberechtigt. So werden wir durch die ältesten Nachrichten auf das Land gewiesen, wo in den letzten Dezennien die Gold-

Digitized by Google

gewinnung einen so hervorragenden Aufschwung genommen hat. Dieser Teil Südafrikas, also Südostafrika, ist wirklich ein Goldland, ein Dorado im wahren Sinne des Wortes, da das Gold in allen möglichen Formationen und Lagerstätten auftritt. Die Mitteilungen hierüber verdanken wir hauptsächlich A. Schenk, dessen Ausführungen auch dem bekannt gewordenen Buche Schmeißers über die Goldfelder Südafrikas zugrunde liegen.

Geologisch bildet Südafrika eine Mulde, deren Ränder von Granit, Gneis und Urschiefer — den sogenannten Swazischichten — gebildet werden, wie das aus der geologischen Karte nach Schmeißer hervorgeht. Das Innere der Mulde wird von den Schichten der Karooformation ausgefüllt. Zwischen der ältesten Unterlage dieses Beckens und der neueren Ausfüllung, welch letztere die Ablagerung eines Binnenbeckens darstellt, findet man ein mächtiges System von Schichten, das in einem bestimmten Horizont Reste von Meerestieren in großer Anzahl birgt. Diese ganze Serie sehr verschiedenartiger Schichten bezeichnet Schenk als die Kapformation. Die Kapformation besteht größtenteils aus Sandsteinen, wie z. B. der berühmte Tafelberg bei Kapstadt, ferner aus Kalken und endlich aus zahlreichen eingelagerten Massen von Eruptivgesteinen. Die Goldlagerstätten im Erstarrungsgestein finden sich nun in den Diabasen oder Grünsteinen der Kapformation in der Umgebung von Leidenburg. Sie sind weder besonders reich noch zuverlässig und können auch nur soweit nach der Tiefe verfolgt werden, als die Laterisierung des Gesteins reicht, das heißt die Erweichung desselben durch eindringendes Wasser, das Salzlösungen, Luft und Kohlensäure in die Tiefe bringt. Berühmt geworden ist das Shebareef, das ein ganzes Gangspaltensystem darstellt und bis 20 m mächtig ist. Bekannt sind ferner die De Kaap-Goldfelder bei Baberton, westlich von der Delagoabai. Die Knysma- (Neisma-) Goldgänge in der Kapkolonie selbst, die im Küstengebiet zwischen Kapstadt und Port Elisabeth befinden sich ebenfalls im älteren Schiefergebirge, sowie auch die Goldlagerstätten der Zoutpansberge (Zautpan = Salzpfanne) innerhalb des Bogens des Limpopo und diejenigen im Mashonaland zwischen Limpopo und Sambesi. Echte Goldseifen kommen (wie immer in Flußbetten unserer und früheren Zeiten) in Südafrika vielfach vor; auch Nuggets werden gefunden. Diese gaben den ersten Anstoß zu der ganzen Goldbewegung.

Von großem wissenschaftlichen Interesse und höchstem wirtschaftlichen Werte sind die Lagerstätten vom Witwatersrand, einem steil abfallenden Felsrande auf dieser Wasserscheide zwischen Limpopo und Vaal, südlich von Pretoria.

In der Nähe der Lagerstätten ist in den letzten Jahrzehnten die

Digitized by Google

Stadt Johannesburg entstanden und groß geworden. Der Rand besteht aus einem System von Sandsteinen, das vielfach Lager von Konglomeraten eingeschaltet enthält (diese Schichten sind der Kapformation zuzurechnen). Die Witwatersrandschichten bilden eine Mulde von 80 km in der Länge, in deren Zentrum Johannesburg liegt, und entstanden durch die Brandung eines Urmeeres an der von Swazischiefern und Gneisen gebildeten Küste. Die flözartig den Schiefern eingelagerten Konglomerate des Witwatersrandes (Fig. 1c) stehen in zwei Beziehungen einzig da, nämlich erstens hinsichtlich ihrer bedeutenden Ausdehnung und zweitens hinsichtlich der geradezu überraschenden Regelmäßigkeit ihres Goldgehaltes. Durch Bohrungen hat man festgestellt, daß sich die Flöze bis zu einer Tiefe von 1000 m fortsetzen, und was ihren Goldgehalt anbetrifft, so hat man durch eingehende Untersuchungen ermittelt, daß derselbe mit zunehmender Tiefe nicht abnimmt, sondern an der tiefsten, bis jezt erbohrten Stelle ebenso gleichmäßig und bedeutend ist wie in den oberen Schichten. Der Bergrat Schmeißer, welcher im Jahre 1893 von der deutschen Regierung zum Studium der Goldfelder nach Transvaal geschickt wurde, hat berechnet, daß die Flöze desjenigen Teiles des Witwatersrandes, welcher sich in einer Länge von ca. drei Meilen von der Langlaagte Block B-Mine im Westen bis zur Glencairn-Mine im Osten erstreckt, einen Goldgehalt im Werte von 7000 Millionen Mark besitzen. Diese Berechnungen beziehen sich nur auf ein Viertel der gesamten Flözlänge.

Das Konglomerat besteht aus zwei scharf differenzierten Substanzen: 1. aus weißem Quarz und 2. aus einer dunkleren, weicheren Masse, dem sogenannten Zement, welcher die Quarzstücke miteinander verbindet oder in welchen sie gewissermaßen eingebettet sind. Im Zement bemerkt man ferner eine Menge von fein verteilten, glänzenden Partikelchen, welche aus Schwefelkies bestehen. Bei etwas Phantasie findet man einige Ähnlichkeit dieses Gesteins mit einem Mandelkuchen, in welchem die weißen Quarzstücke die Mandeln und der dunkle Zement den Kuchenteig darstellen (Fig. 2c). Diese Ähnlichkeit ist von den Buren bereits vor 16 Jahren herausgefunden worden; sie bezeichneten das Konglomerat mit dem Namen Banket, Mandelkuchen, der zu Weihnachten auch von ihnen wie in ihrer alten Heimat, den Niederlanden, gebacken wird.

Das Gold ist in fein verteiltem, nicht kristallisiertem Zustande im Konglomerat enthalten, und zwar ausschließlich im Zement. Es ist sehr wahrscheinlich, daß das Gold mit dem Schwefelkies zusammen in dem früher erwähnten Meeresbecken niedergeschlagen wurde. Wie man das Gold in Transvaal gewinnt, sei jetzt näher ausgeführt. Der Goldgehalt des Konglomeratgesteins bewegt sich innerhalb sehr weiter Grenzen; in

Digitized by Google

1000 kg = (1 Tonne) findet man 10—20 kg Gold, also 1—2 %; anderswo nur wenige Gramm oder einen Bruchteil eines Grammes. Nach 15jähriger Beobachtung führt das Gestein pro Tonne 20 g Gold oder 0,002 %. Bei 0,003 % stellt dies einen Wert von 80 Mk. pro Tonne dar. Von diesen 30 g können unter günstigen Umständen 90 %, d. h. 27 g im Werte von 72 Mk. gewonnen werden; die Unkosten betragen durchschnittlich 22 Mk. pro Tonne Erz; es bleibt demnach ein Überschuß von 50 Mk. pro Tonne. Wenn man täglich 200 Tonnen Erz verarbeitet, so ergibt dies 10 000 Mk. pro Tag und 300 000 Mk. pro Monat Gewinn, der das Auszahlen einer recht anständigen Dividende ermöglicht. Das im Zement enthaltene Gold ist: 1. Freigold, 2. im Schwefelkies eingeschlossenes Gold. In den Konglomeratstücken ist das Gold nicht zu erblicken. Durch einen Schlämmprozeß wird der größte Teil des Quarzes entfernt, und sichtbares Gold, vermischt mit dem im Erz enthaltenen Schwefelkies (oder Pyrit), bleibt zurück. Das Verhältnis von freiem zu dem im Schwefelkies eingeschlossenen Gold ist durchschnittlich $^2/_3$ zu $^1/_3$; in einer Tonne, die etwa 30 g Gold enthält, sind 20 g freies Gold und 10 g eingeschlossenes Gold.

Das aus der Grube kommende, von Kaffern noch 1900 bei Talglichtbeleuchtung gebrochene Erz wird zunächst von diesen sortiert. Das goldhaltige Gestein kommt auf einen Schüttelrost, während die größeren Stücke in einem Steinbrecher zerkleinert werden. Eine aufrecht stehende Backe und eine um eine horizontale Achse dagegen sich schwingende Backe zerschlägt die großen Stücke, die mit den durch den Schüttelrost gefallenen, kleineren Stücken vereinigt in ein Pochwerk gelangen. Die Pochstempel, jeder 453 kg schwer, werden durch eine mit hervorragenden Daumen versehene, rotierende Walze gehoben. 1892 waren 3440 solcher Stempel in Tätigkeit; sie zertrümmern die Erze in dem Mörserkasten, in welchen mit Natrium amalgamierte und mit metallischem Quecksilber eingeriebene Kupferplatten in schräger Lage vor einem Sieb, welches 900 Maschen pro Quadratzoll zeigt, eingefügt waren. Eine Fortsetzung dieser amalgamierten Kupferplatten bildet eine 4 m lange und $1^1/_2$ m breite, ebenfalls amalgamierte Kupferplatte, welche den Namen Amalgamierschürze führt. Das Erz wird unter beständiger Wasserzufuhr zerstampft; von Zeit zu Zeit wird Quecksilber in den Mörserkasten gebracht; dasselbe vereinigt sich mit dem freien Gold, und das so gebildete Amalgam wird durch den Wasserschwall heftig gegen die vor dem Sieb befindlichen, amalgamierten Kupferplatten geschleudert und von diesen festgehalten. Das Gold, welches der Amalgamation entgeht, bleibt auf den äußeren Amalgamiertischen zurück.

Einmal oder mehrmals im Monat wird das goldhaltige Amalgam

Digitized by Google

mit einem stumpfen, aus Eisen oder Hartgummi bestehenden Instrumente abgekratzt, darauf mit viel Quecksilber vermischt; die unreinen, spezifisch leichteren Teile schwimmen dabei auf dem Quecksilber. Das feste, durch Abpressen enthaltene Amalgam enthält durchschnittlich 65 % Quecksilber und 35 % Gold. In Retortenöfen wird bei ca. 500° das Quecksilber verflüchtigt, und das Gold bleibt dann als schmutzige, poröse Masse zurück. Letztere wird mit Borax oder Soda geschmolzen und das Gold in Barrenform ausgegossen.

Das auf die angegebene Weise gewonnene, dann in Barren gegossene Gold ist nicht rein; es kommt nach Europa, unter anderm nach Frankfurt a. M., wo aus ihm in der Gold- und Silberscheideanstalt auf elektrischem Wege reines Gold gewonnen wird. Die Barren bilden die Anoden, während die Kathoden aus chemisch reinem Goldblech bestehen. Der Elektrolyt ist Goldchlorid, erhalten durch Lösung von reinem Gold in Salpetersalzsäure oder Königswasser; das Silber wird als Chlorsilber abgeschieden. Das Platin, wenn vorhanden, bleibt als Platinchlorid in Lösung, während sich die dünnen Goldflittern in einem aus Sacktuch gefertigten Beutel, der um die Kathode gebunden ist, ansammeln, so daß man tatsächlich in Frankfurt a. M. in jener Anstalt im Golde wühlen kann. Die vollen, mit Gold gefüllten Beutel werden in Pfannen entleert, in denen das Gold geschmolzen und dann in Barren aus nunmehr reinem Golde gegossen wird. Nebenbei bemerkt, wird aus alten zerbrochenen, silbernen Gegenständen, ebenso auch aus eingezogenen Talern dortselbst Gold extrahiert, das man früher ohne Elektrolyse nicht gewinnen konnte.

Nach der Amalgamation fließt das gestampfte, in Wasser suspendierte Erz als Trübe von den Amalgamiertischen ab. Diese Trübe enthält 3 bis 5 % Schwefelkies, und in diesem ist noch ungefähr ein Drittel des gesamten, ursprünglich im Erze vorhandenen Goldes eingeschlossen. Aus der Schliche oder den Tailings, d. h. aus dem gestampften Erze minus dem Freigold, gilt es nach Aufschwemmung derselben in Wasser — aus der sogenannten Trübe — eine Konzentration des Schwefelkieses und damit des Goldes zu erreichen. Dies geschieht durch Schüttel- und Schlemmprozesse. Das sogenannte Konzentrat, welches 85—90 % Schwefelkies und 10 bis 15 % Quarz enthält, wurde bis 1892 geröstet, das heißt unter Luftzutritt erhitzt. ($2\ Fe\ S_2 + 11\ O = Fe_2\ O_3 + 4\ SO_2$). Das durch den Röstprozeß gelockerte Material wurde dann mit 6—8 % Wasser angefeuchtet und in Fässer mit gut schließenden Deckeln gebracht. In diese Fässer wurde dann Chlor eingeleitet und 48 bis 72 Stunden mit dem Inhalt in Kontakt gelassen. Das in Goldchlorid übergeführte Gold wurde dann mit Wasser ausgelaugt und aus dieser Lösung mit Eisen-

Digitized by Google

sulfat ausgefüllt. Dieser Chlorextraktionsprozeß nach Plattner lieferte sehr reines Gold von 95%.

Die Nachteile dieses Prozesses sind in den hohen Kosten desselben, die sich auf 65 bis 70 Mk. pro Tonne stellen, zu suchen. Sie werden verursacht: 1. durch die kostspielige Anlage, 2. durch das unbedingt notwendige, vollständige Abrösten der Schwefelkiese. Tatsächlich hat aus dem letzeren Grunde von Anfang an nur eine sehr beschränkte Anzahl der Witwatersrandminen, so die Robinsonmine, die Tailings konzentriert und chloriert.

Abgeschreckt durch die hohen Kosten des Prozesses, zogen es die meisten Minen vor, ihre Tailings anzuhäufen, und so gab es im Anfang der 90er Jahre goldhaltige Tailings, die auf den Minen umherlagerten und der Entgoldung harrten. Die rationelle und allgemeine Aufarbeitung der Tailings begann erst, nachdem zu Anfang des Jahres 1902 durch die Mac Arthur Forrest Company der sichere Beweis erbracht worden war, daß die Entgoldung mittels Cyankalium im großen erfolgreich ausgeführt werden kann. Seit dieser Zeit ist der Chlorinationsprozeß langsam, aber stetig durch den Cyanitprozeß verdrängt worden. Als Beweis dafür diene die Tatsache, daß im Jahre 1899 von 103987 kg Au nur 2550 kg, also $2^1/_2$% durch Chlorination gewonnen wurden.

Faraday war es schon bekannt, daß Gold in Cyankalium löslich ist. Die galvanische Vergoldung beruht ja bekanntlich auf der Löslichkeit des Goldes in Cyankalium. Versuche, das Cyankalium zur Gewinnung des Goldes aus seinen Erzen zu benutzen, wurden jedoch erst viel später, zu Anfang der 70er Jahre, in Siebenbürgen und in Amerika angestellt. Diese Versuche waren jedoch von einem praktischen Erfolge nicht begleitet, und es kann in Anbetracht dessen mit Fug und Recht die Frage aufgeworfen werden: Wie kommt es, daß gerade am Witwatersrand der Cyanitprozeß einen so großartigen Erfolg aufzuweisen und eine Entwicklung erreicht hat, die sich vor 10 Jahren noch niemand hätte träumen lassen? 20 g Gold in Form einer massiven Kugel, deren Größe als Wasser, da das Gold $19^1/_2$mal so schwer ist, 1 ccm betragen würde, wird sich nicht darin auflösen, so stark auch die K Cy-Lösung ist. Auch wenn jene 20 g Au in Form kleinerer Kügelchen oder grober, unregelmäßiger Stückchen in die Lösung gebracht werden, wird die Lösung nicht erfolgen. — Wenn man aber jene Kugel durch chemische Mittel in ein feines Pulver verwandelt, oder wenn man sie durch mechanische Mittel streckt, ein Goldschlägerhäutchen ausschlägt oder auch nur auswalzt, so wird sie sich in verhältnismäßig kurzer Zeit lösen. Die aus dieser Tatsache sich ergebende Schlußfolgerung ist, daß eine Cyankaliumlösung nur dann Au zu lösen vermag, wenn man letzterem eine der-

Digitized by Google

artige physikalische Beschaffenheit gibt, daß gewissermaßen jedes einzelne, kleinste Teilchen des Metalles mit der Cyankaliumlösung in Berührung kommt.

Die Konglomeratflöze des Witwatersrandes enthalten das Gold in nichtkrittallisiertem, feinverteiltem Zustande, in einer Form, welche die Bedingung für die schnelle, vollkommene Auflösung in Cyankalium erfüllt. Hierin liegt das Geheimnis des großen Erfolges, welchen die Cyanitlaugerei am Witwatersrande aufzuweisen hat. Die Mißerfolge anderer Länder beruhen darauf, daß das Gold als sogenanntes grobes Gold, „coarse Gold", im Gestein enthalten war.

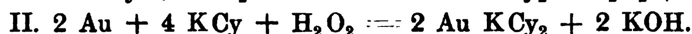
Es sind in Transvaal zwei Cyanitverfahren in Anwendung: 1. der Mac Arthur Forrest-Prozeß, 2. der Siemens-Prozeß, so benannt nach dem berühmten Elektriker Werner von Siemens. Hinsichtlich der Laugerei unterscheiden sich diese beiden Prozesse nicht wesentlich voneinander, abgesehen davon, daß beim Siemens-Prozeß weit schwächere Cyankaliumlösungen verwendet werden können als beim Forrest-Prozeß.

Der Unterschied gründet sich auf die Abscheidung des Goldes aus der Cyanitlösung, welche beim Forrest-Prozeß durch metallisches Zink bewerkstelligt wird, weshalb dieser Prozeß auch kurzweg Zinkprozeß genannt wird, beim Siemens-Prozeß durch Elektrolyse. Beim Auslaugen des Goldes mittels Cyankalium spielt der Sauerstoff, wie dies Professor Bodländer in Braunschweig überzeugend nachgewiesen hat, eine bedeutende Rolle, und die Praktiker bestätigen, daß die Extraktionsresultate sich um so günstiger gestalten, je mehr Sauerstoff in Gestalt von Luft in die Laugenwässer geführt wird.

Bringt man einige Plättchen Gold in einem Glaszylinder, füllt ihn zu $^3/_4$ mit 0,5% Cyankaliumlösung, schüttelt und verschließt alsdann den Zylinder mit einem Glasstöpsel, so löst sich das Gold, weil die Mitwirkung des Sauerstoffs ausgeschlossen ist, so gut wie gar nicht. Auch nach mehreren Tagen, selbst Wochen, zeigt sich das Gold ungelöst. Gießt man aber von der Cyankaliumlösung etwas auf ein großes Uhrglas und bringt dann einige Goldplättchen derart auf die Lösung, daß sie nicht in derselben untersinken, sondern auf ihrer Oberfläche schwimmen, so daß also die ganze Oberseite der Goldplättchen mit dem in der Luft enthaltenen Sauerstoff in Berührung kommt, so werden die Goldplättchen in einigen Minuten aufgelöst sein. Bringt man endlich einige Goldplättchen mit Cyankaliumlösung in einen Glaszylinder, leitet dann in diese Flüssigkeit eine Zeitlang Sauerstoff ein, schüttelt kräftig, um den Sauerstoff gleichmäßig in der Flüssigkeit zu verteilen, so sieht man, daß sich das Gold alsbald vollständig auflöst. Die Zersetzung verläuft nach Bodländer nach folgenden Gleichungen:

Digitized by Google


I. $2 Au + 4 KCy + 2 H_2O + 2 O = 2 Au KCy_2 + H_2O_2 + 2 KOH$.


II. $2 Au + 4 KCy + H_2O_2 = 2 Au KCy_2 + 2 KOH$.

Von großer Wichtigkeit in ökonomischer und technischer Hinsicht ist die Frage nach dem bei der Laugerei stattfindenden Cyankaliumverbrauch. Theoretisch ist derselbe sehr klein. Es sind zur vollständigen Auflösung von 394 Gewichtsteilen Au nur 260 Gewichtsteile Cyankalium erforderlich, das heißt: es würde eine Tonne Tailings mit dem üblichen Gehalt von 8 g nur $5^1/_2$ g Cyankalium zur Entgoldung benötigen. In der Praxis stellt sich der Verbrauch an Cyankalium 40- bis 50mal so hoch.

Der Siemens-Prozeß, der 1892 durch einen Frankfurter, Dr. Höpfner, in Transvaal eingeführt worden ist, verwendet zur Ausfällung des Goldes eine 0,05 bis 0,08% Cyankaliumlösung, dünne Bleiplatten als Kathoden und Eisenplatten als Anoden. Die goldhaltige Lauge fließt in einem kontinuierlichen, langsamen Strom durch Kästen, welche zugeschlossen werden und während eines ganzen Monats sich selbst überlassen bleiben. Das Gold scheidet sich auf den Bleiplatten ab, und diese werden am Ende des Monats herausgenommen, geschmolzen und in Barrenform gegossen. Das so erhaltene Blei, welches einen Gehalt von 2 bis 6% an Gold besitzt, wird einem Schmelzprozeß unterworfen, wobei sich das Blei als unedles Metall, als Glätte oxydiert, während das Gold in metallischem Zustande zurückbleibt.

Das Cyanitverfahren nach Siemens gewinnt immer mehr an Bedeutung und ist in Transvaal allein in Anwendung bei der Verarbeitung der Slimes, jener tonigen Massen, die bei der Konzentration der Tailings zurückbleiben und immer noch 3 bis 4 g Gold pro Tonne enthalten.

Wie bedeutend die Goldproduktion Transvaals bis zum Ausbruche des unseligen Krieges gewachsen ist, mögen einige Zahlen zeigen:

1878	716 kg	1650000 Mark
1888	6465 „	14600000 „
1898	94075 „	213000000 „

Es ist bekannt, wie der Schweizer Sutter am Sacramento in Kalifornien beim Bau einer Sägemühle Waschgold fand und mit welch überraschender Schnelligkeit daselbst die Goldgewinnung einen ungeahnten Aufschwung nahm, welche Reichtümer dort erworben wurden und wie die Goldbergbauindustrie dem ganzen Staate zu hoher Blüte verhalf. Zuerst wurde das Gold, welches aus den jungen tertiären Schottern stammt, welche die mächtigen Decken des Westfußes der Sierra Nevada bilden, im Sande der heutigen Flüsse gewonnen. Die Goldquarzgänge finden sich in verschiedenen Schieferschichten, im allgemeinen in der Nähe des Granits. Bezeichnend ist, daß auch hier, wie meistens, die Erdoberfläche eine Veredlungszone der Goldlagerstätten darstellt. In dem Maße wie

Digitized by Google

durch die Atmosphärilien das Ausgehende der Lagerstätten verwittert und schließlich durch Erosion fortgeführt wird, wird ein Teil des Goldgehaltes der erodierten Masse infolge seines Gewichtes nach dem jeweilig übrig bleibenden Rest der Lagerstätte hinabsinken und so eine Anreicherung bewirken (Fig. 1). In das Plateau, welches sich dem Westrande der Sierra Nevada anschließt, sind tiefe Schluchten durch die Zuflüsse des Sacramento und des San Joaquim eingeschnitten, die sicher noch tiefer wären, wenn das Plateau nicht durch eine feste Decke vulkanischen Tuffs geschützt wäre. Namentlich an den tiefsten Stellen der Flüsse, den Pockets, wie sie die Digger, die Goldsucher, bezeichneten, blieben die schwersten Materialien liegen, und diese wurden am eifrigsten aufgesucht.

Schwieriger war es, das Gold der tertiären Schotter zu gewinnen. Ein Wasserstrahl von hohem Druck wurde gegen das Gestein, das oft konglomeratartig verfestigt war, gespritzt, und das Gold so gelockert und abgespült. Leitungen von Wasser im großartigsten Stil wurden angelegt, um den nötigen Druck zu erhalten. Nicht minder schwierig war die Unterbringung der durchwaschenen Massen; diese Massen mußten schließlich durch umfangreiche Tunnels mittels des Arbeitswassers an geeignete Örtlichkeiten zur Ablagerung gebracht werden.

Die nordamerikanischen Staaten hatten inzwischen Kalifornien in bezug auf die Goldproduktion fast erreicht. Die Lagerstätten in den atlantischen Staaten, wie in Neu-Schottland, Virginia, Nord- und Südkarolina und Georgia, finden sich in Quarzlinsen, die den kristallinischen Schiefern eingebettet sind. In Brasilien gibt es ähnliche Lagerstätten. Die Produktion ist aber stark gesunken; sie betrug:

1754	23	Millionen Mark
1895	9	„ „

Auch die Länder, welche das Material für die reichen Schätze geliefert haben, derentwegen die peruanischen Kulturvölker unterworfen und vernichtet wurden, treten in der jetzigen Weltproduktion sehr zurück. Nur in Guyana hat die Goldgewinnung letzthin wieder einigen Aufschwung genommen.

Der Minendistrikt von El Calao, südlich von Ciudad Bolivar (Angostura) am Orinoko, hatte seit 1866 reiche Beträge; ein Aktie von 1000 Francs brachte von 1871 bis 1885 jährlich 13900 Francs Gewinn. Die Ausbeute betrug:

1884	18400000 Mark	1887	3200000 Mark
1886	8800000 „	1895	3500000 „

Noch immer nicht ist das märchenhafte Dorado, von welchem die spanischen Eroberer hörten, gefunden, obwohl die Nachzügler jener ersten

Digitized by Google

Eindringlinge an allen möglichen und unmöglichen Stellen ihres amerikanischen Weltreiches eifrigst danach suchten. Mancher alter Minengang gibt davon Zeugnis.

Als drittes Goldland kommt Australien in Betracht. Funde wurden dort bereits 1841 gemacht, aber erst 1851, als Schieferlagerstätten entdeckt wurden, begann die Periode des Goldsuchens und der Produktion, die sich in ganz ähnlicher Weise wie in den anderen Goldländern vollzog.

Im Bereiche alter Schiefer treten reiche Quarzgänge in ausgedehnten Gangsystemen, in netzförmigen und strahlenartigen Ganggruppen auf. Von New Südwales ging die Goldbewegung aus; mächtige Minengebiete haben sich ferner in Viktoria, Queensland und neuerdings in Westaustralien entwickelt.

Eine bemerkenswerte Produktion hat endlich Sibirien aufzuweisen. Der Bergbau hat aber dort unter den denkbar ungünstigsten Verhältnissen zu arbeiten.

In den nördlichen Teilen, wo eine Arbeit an den Minen und Waschen nur in den fünf Monaten der warmen Jahreszeit gestattet ist, geht der Bergbau selbst in den Seifen unter Tag, d. h. unter der Decke gefrorenen Bodens vor sich. Die Gegenden sind völlig menschenleer; Arbeiter und Proviant müssen von den wenigen Verkehrszentren der ausgedehnten Ländermassen, also aus großer Entfernung herbeigeschafft werden. Die Lagerstätten erstrecken sich vom Ural quer durch Sibirien entlang dem flachen Bergrücken, in welchem die großen arktischen Ströme ihre Quellen haben; sie werden soweit nordwärts abgebaut, als es das Klima gestattet. Besonders reich sind die Minen im östlichen Küstengebiete. Am besten verwaltet sind diejenigen am Ostfuße des Urals bei Mias Beresowsk in der Nähe von Jekaterinburg. Hier tritt ein eigenartiger Granit, der Beresit, auf. Derselbe ist von lauter quer verlaufenden Quarztrümmern durchsetzt, die nur wenige Zentimeter Mächtigkeit haben. Man nennt solche Gänge Leitergänge; sie sind auch aus den australischen Goldfeldern bekannt. Die kleinen Quarzgänge im Beresit sind Träger des Goldes. 1895 produzierte Rußland Gold für rund 100 Millionen Mark.

Einen eigenartigen Typus von Lagerstätten stellen die Goldvorkommnisse des nord- und südungarischen Erzgebirges und des Comstock Lode in Nordamerika dar. An beiden Örtlichkeiten ist die Goldführung der Lagerstätten an Eruptiv-Stöcke und -Decken jugendlichen Alters gebunden, welche von noch jüngeren Eruptivgängen durchsetzt werden.

Ein an Silber- und Golderzen reicher Gang des Comstock Lode, der von einem der ersten Besitzer, Comstock, für 20 Dollar gekauft, bald darauf für 600000 Dollar veräußert wurde, liegt im Staate Nevada nordwestlich von San Francisco und lieferte im Jahre 1876 für 71 Mill.

Digitized by Google

Mark Gold und für 83 Millionen Mark Silber. Der Höhepunkt der Produktion ist aber überschritten.

In Ungarn und Siebenbürgen sind ganz ähnliche, jung vulkanische Gesteine die Träger des Goldes. Bei Vörös Patak an dem Aranyos, Goldfluß, war schon zur Zeit der Römerherrschaft ein lebhafter Bergbau, von welchem noch deutliche Spuren erhalten sind, im Betriebe.

1876 betrug die Goldproduktion Ungarns 4 Millionen Mark. Endlich sind jene Bergbaugebiete in Deutschland zu erwähnen, die in früheren Jahrhunderten günstige Erträge lieferten. Schon die Römer kannten norisches Gold von der Tauernkette, und besonders im 15. und 16. Säkulum gab es zahlreiche blühende Zechen sowohl in den nach Norden abfallenden salzburger Tälern, wie in denen nach Süden, in Kärnten. Selbst in neuester Zeit hat man versucht, diese oder jene Mine wieder zu eröffnen. In Böhmen sind bei dem Orte Eule reiche Goldfelder vorgekommen. Das Rheingold wurde schon erwähnt. Bei Philippsburg, nördlich von Karlsruhe, enthält der Sand $^1/_{100}$ g pro Tonne. Die Stadt Goldberg in Schlesien hat ihren Namen von einem einst blühenden Bergbau. An der Tatarenschlacht i. J. 1241 waren 500 Bergknappen beteiligt. In Österreich-Schlesien ist bei Freiwaldau und auch bei Freudenthal sowohl in den Flußseifen wie in dem anstehenden Gestein Gold gewonnen worden. Das Gold der Taufgefäße unseres Kaiserhauses und die Trauringe Kaiser Friedrichs und Wilhelms II. stammen aus Arsenikerzen von Reichenstein, welche 3 bis 4 g Gold in der Tonne Erz enthalten.

Die gesamte Goldproduktion Deutschlands betrug in circa 4 Jahrhunderten einen Würfel von 8,8086 m Kantenlänge. Würde man in dieser Angabe die beiden letzten Ziffern fortlassen, so wäre dies die Kleinigkeit, von $108^1/_4$ Mill. Mark.

Über die Verwendung des Goldes geben folgende Zahlen einigen Anhalt: In dem Jahrzehnt von 1886 bis 1896 betrug der Wert der Goldproduktion $5660^1/_2$ Millionen; Neuprägungen von Münzen wurden in dieser Zeit im Werte von 5091 Millionen Mark vorgenommen. Die Verwendung des Goldes zu Industriezwecken läßt sich sehr schwer beurteilen, hat sich aber in den letzten Jahren erheblich gesteigert.

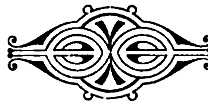
Der amerikanische Münzdirektor Preston schätzt diesen Verbrauch für das Jahr 1895 auf 246 Millionen Mark; die Neuprägung betrug für dasselbe Jahr 912 Millionen; die Produktion betrug aber nur 818 Millionen. Die Summe des verwendeten Goldes übersteigt die des gewonnenen Edelmetalles; es sind also alte Goldbestände angegriffen worden. Der Goldverbrauch zur Herstellung von Schmuck und Bijouteriewaren betrug für das Jahr 1884 in dem Amtsbezirk Pforzheim 300 kg, in und bei Hanau in den Jahren 1881 bis 1884 2900 kg.

Digitized by Google

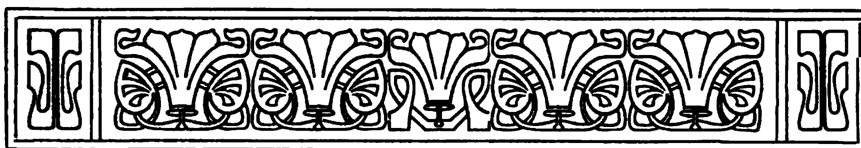
Reinstes Gold findet bekanntlich nur geringe Verwendung, so z. B. in der Zahntechnik, wo es seiner Eigenschaft wegen, im kalten Zustande sich schweißen zu lassen, gebraucht wird; ausgeglühte Blattgoldmassen werden bekanntlich in den hohlen Zahn hineingehämmert. Das Blattgold dient ferner zum Verzieren von Ornamenten und zum Vergolden von Porzellan und Glas.

Das Blattgold wird zwischen aus einer Darmhaut hergestellten Goldschlägerhäutchen zu dünnsten Schichten ausgeschlagen; 10 g Gold genügen, um eine Fläche von $56^3/_4$ qm zu überziehen; $^6/_{100}$ g geben einen Draht von 157 m Länge.

Die Münzen enthalten gewöhnlich 90% Gold. Deutsche Goldwaren müssen laut Reichsgesetz gestempelt sein; man gibt den Goldgehalt auf 1000 Teile der Legierung an. 585 bedeutet demnach 585 Teile Gold auf 1000 Teile der Legierung.



Digitized by Google



Die Forschungstätigkeit von S. M. S. „Planet“.

Von **Dr. L. Mecking** in Berlin.

In diesem Jahre ist es uns durch Jubiläumsfeiern in besonders lebhafte Erinnerung gebracht worden, zu welcher Höhe sich in wenigen Jahrzehnten Interesse und Einfluß deutscher Handelsschiffahrt emporgeschwungen hat, namentlich im Hinblick auf die gleichzeitige Entwicklung bei anderen seefahrenden Völkern. Daß in ähnlichem Verhältnis auch der zur sicheren und unabhängigen Bewegung auf dem Weltmeer unerläßliche Besitz eigener Seekarten gewachsen wäre, ist zwar sehr zu wünschen, aber bei dem relativ späten Beginn unserer Interessen am Meere und seiner Ausnutzung naturgemäß kaum möglich. Wie wenig es der Fall ist, lehren folgende Vergleichszahlen: England hat jetzt einen Seekartenbestand von 3500 Blatt, Frankreich 5000, Spanien 1000, Rußland 500, Deutschland nur 200. In der Erkenntnis ihrer Wichtigkeit ist jedoch das Reichsmarineamt bestrebt, die Vermehrung unserer Kartenzahl zu beschleunigen, gegenwärtig besonders durch Vermessung in den deutschen Südseekolonien, wo seit Jahren das Vermessungsschiff „Möwe“ in Tätigkeit war. Dieses ist jetzt durch den vor zwei Jahren in Bremen erbauten „Planet“ ersetzt, dem in Kürze ein zweites neues Vermessungsschiff folgen soll.

Der „Planet“ hat 650 Tonnen Inhalt, 49 m Länge, 9,8 m Breite, 3,3 m Tiefgang, 2 Maschinen, die zusammen 360 Pferdestärken indizieren und eine Geschwindigkeit bis zu 10 Knoten ermöglichen. Am 21. Januar 1906 verließ er den Kieler Hafen und langte Mitte Oktober im Bismarckarchipel an. Die Vermessung ist indes nicht die einzige Aufgabe des Schiffes geblieben; um vielmehr zugleich die Ausreise und auch die für Vermessung weniger günstigen Jahreszeiten zweckmäßig auszunutzen, ist ihm eine Ausrüstung für wissenschaftliche Forschungen gegeben. Auch das Personal war hierzu durch besondere Kurse vorbereitet worden. So war der erste Offizier Mündel für Tiefseelotungen ausgebildet, Ober-

Digitized by Google

leutnant Schweppe für Ballon- und Drachenaufstiege, Oberleutnant Kellermann für photogrammetrische Aufnahmen. Für rein ozeanographische Untersuchungen war dem Schiff der wissenschaftliche Hilfsarbeiter der deutschen Seewarte Dr. W. Brennecke beigegeben, biologische Arbeiten führte der Oberassistenzarzt Dr. Gräf aus. Kommandant des Schiffes war Kapitänleutnant Lebahn. Im folgenden mögen die Aufgaben, die Ausrüstung und einige Forschungsergebnisse von S. M. S. „Planet" nach den amtlichen Berichten, die das Reichsmarineamt in 32 Einzelmitteilungen in den Annalen der Hydrographie veröffentlichen ließ, kurz dargestellt werden.

I. Die allgemeinen Aufgaben und Methoden der Arbeit des „Planet".

Die Arbeiten des „Planet" auf der Ausreise lagen auf zwei Hauptgebieten, sie bezweckten nämlich die Erforschung der Luft und des Meeres.

In der ersten Hinsicht galt es vor allem, Beobachtungen aus den höheren Schichten der Atmosphäre zu gewinnen. Solche Höhenforschungen sind über dem festen Lande bekanntlich schon zu einem wesentlichen Bestandteil der neueren Meteorologie geworden, und im Deutschen Reiche allein bestehen drei feste Stationen, die möglichst täglich Drachen und Ballons mit selbstregistrierenden Instrumenten in die Höhe senden. Schon im Sommer 1901 wurde diese Forschungsmethode auch über dem Ozean kurz erprobt von Rotch, in größerem Umfange aber erst im Sommer 1904 durch Prof. Hergesell an Bord der Privatjacht des Fürsten von Monaco und 1905 durch Teisserenc de Bort an Bord des Forschungsdampfers „Otaria". Während diese ersten Versuche aber auf das Gebiet der Passatwinde beschränkt blieben, hatte „Planet" zum ersten Male solche Untersuchungen der Hochatmosphäre in den Zonen der Kalmen sowie der Passat-, West- und Monsunwinde in umfassender und systematischer Weise zu betreiben. Hierzu war Oberleutnant Schweppe an der Drachenstation der Seewarte vorgebildet, nach deren langjährigen Erfahrungen auch die für die Aufstiege nötige Ausrüstung besorgt war. Dazu gehörte vor allem eine Winde, die mit einem Elektromotor bewegt wird und auf ihrer Trommel mehrere 1000 m Gußstahldraht von 0,7 bis 0,9 mm Stärke für die Drachenaufstiege trägt. 30 Drachen waren vorhanden. Ergänzt wurden sie durch die von Geheimrat Aßmann zuerst eingeführten Gummiballons, über 100 an Zahl und in drei Größen, nämlich mit $^1/_2$, 1 und $1^1/_2$ m Durchmesser. In dem Drachen, wie ihn unsere Fig. 1 [Titelblatt]*)

*) Die Vorlagen zu den Illustrationen wurden vom Reichsmarineamt in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.

Digitized by Google

beim beginnenden Aufstieg zeigt, ist nun das Instrument befestigt. Es besteht aus einer Trommel, die durch ein Uhrwerk langsam gedreht wird und auf der dann durch mehrere Stifte Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit, Windrichtung und -geschwindigkeit fortlaufend, d. h. in Kurvenzügen aufgezeichnet werden; es ist also eine Vereinigung von Baro-, Thermo-, Hydro- und Anemograph. Die Aufzeichnung geschieht entweder mit Tinte auf Papier oder mit einer Metallspitze auf berußte Metallstreifen. Die Ballons, welche mit Wasserstoffgas gefüllt werden, gehen entweder als „Pilotballons" ohne Instrument einzeln in die Höhe und dienen dann, indem ihr Flug vom Schiffe aus mit Sextant und Peilkompaß verfolgt wird, nur zur Bestimmung der Luftströmungen, oder sie werden als Registrierballons zu Paaren gekuppelt, wie Fig. 2 (Titelbild) zeigt, und tragen den angehängten Registrierapparat sowie einen verschlossenen leeren Blechkasten in große Höhen hinauf, dehnen sich dabei infolge des abnehmenden Luftdrucks immer mehr aus, bis schließlich einer von beiden platzt. Der andere allein vermag dann den Apparat nicht mehr zu tragen, und das ganze System sinkt nieder. Die Verbindung zwischen den beiden Ballons und dem Instrument ist nun so gewählt, daß die ersteren etwa 50 m voneinander entfernt sind und das letztere ungefähr mitten zwischen sich haben. Da beim Aufschlagen zuerst der Blechkasten und der zerrissene Ballon auf das Wasser fallen, schwebt somit der andere Ballon in der Regel noch 50 und das Instrument 20 bis 30 m über Wasser und bleibt unbeschädigt. Die Höhen werden bei den Registrierballons ebenso wie bei den Drachen aus der Barographenkurve entnommen, bei den Pilotballons dagegen nach der Zeit berechnet auf Grund von vorher angestellten Versuchen über die Aufsteigegeschwindigkeit eines Ballons von bestimmtem Durchmesser und Auftrieb. Mit Drachen wurde auf dem „Planet" eine Maximalhöhe von 6000 m, mit Ballons eine solche von über 17000 erreicht. Die Ballonaufstiege mißglücken zuweilen, wenn entweder während des Aufstiegs sich der Himmel bezieht, oder wenn der Ballon in der Höhe so starken Wind antrifft, daß das Schiff ihm nicht mehr folgen kann. Neben dieser Ausrüstung für die Höhenforschung besaß das Schiff natürlich Instrumente zur Beobachtung aller meteorologischen Erscheinungen in der untersten Luftschicht, auch hatte es einige neu erfundene Apparate zur erstmaligen Erprobung an Bord.

Das zweite Forschungsfeld des „Planet" war das Meer selbst mit allen seinen Erscheinungen und Vorgängen. Die Untersuchungen dieser Art lassen sich in drei Gruppen teilen, die morphologischen, die physikalisch-chemischen und die biologischen. Erstlich also waren durch Lotungen Form und Beschaffenheit des Meeresbodens in noch unberührten oder ungenügend untersuchten Gebieten aufzuklären und so

Digitized by Google

Lücken in den Tiefenkarten auszufüllen. Sodann galt es, systematische Beobachtungen über Temperatur, Salz- und Gasgehalt, Farbe, Durchsichtigkeit und Strömungen des Meerwassers in verschiedenen Tiefenschichten auszuführen, endlich drittens sollten auf dem Gebiete der Biologie namentlich Studien über die Nährstoffe des Meeres und ihren Umsatz angestellt werden, über Art und Menge des Planktons, die gelösten Stickstoffverbindungen sowie die Arten, Bedingungen und Tätigkeiten der Bakterien. Forschungen dieser dritten Art waren zum erstenmal von deutscher Seite schon 1874 auf der „Gazelle"-Expedition, besonders grundlegend aber 1889 auf der Planktonexpedition des „National" im nordatlantischen Ozean gepflegt worden, und sie sind seitdem mehr und mehr in den Vordergrund des Interesses getreten, da das Plankton als Urnahrung von allem Meeresgetier nicht nur theoretisch zum Verständnis der Stoffwechselvorgänge, sondern auch praktisch-wirtschaftlich, nämlich für einen rationellen Fischereibetrieb von höchster Bedeutung ist.

Das erste und wichtigste Hilfsmittel für alle diese ozeanologischen Forschungen ist die Lotmaschine. An Bord des „Planet" befanden sich deren drei, zwei nach dem System Lukas und eine nach Sigsbee. Von den ersteren war die eine klein, nur für den Handgebrauch und für Tiefen bis zu 800 m bestimmt, die andere war groß, fest aufgestellt und nahm 10000 m Lotdraht auf, genügte also für die größten Tiefen. Der Preis einer solchen Maschine wie die letztere z. B. beträgt über 1000 Mk. Eine feste Aufstellung hatte auch die dritte, die Sigsbee'sche. Sie hatte bereits eine wechsel- und arbeitsreiche Vergangenheit, hatte nämlich auf drei wissenschaftlichen Unternehmungen gedient, an Bord des „National", der „Valdivia" und des „Gauß". Sie ist in Fig. 3 dargestellt zu Beginn einer Lotung. Über dem Wasser ist das Lotgewicht zu erkennen und darüber am Draht ein Wasserschöpfer und ein Umkehrrahmen. Als Lotdraht ist polierter Gußstahldraht von 0,9 mm Dicke verwendet.

Diese Maschinen also sind die wichtigsten Hilfsmittel dafür, den Tiefen des Meeres ihre Geheimnisse jeglicher Art zu entreißen. Zunächst dienen sie zur Feststellung der Bodentiefen selbst, indem die Grundberührung des am Draht hinabgegangenen Lotes sich durch plötzliche Druckverminderung an der Bremsvorrichtung zu erkennen gibt und die Länge des ausgelaufenen Drahtes an einem Zählwerk, über das er geführt war, abgelesen wird. 211 Tiefseelotungen wurden vom „Planet" im ganzen ausgeführt. Zugleich mit dem Lotgewicht geht eine Schlammröhre in die Tiefe, die sich in den Boden eine Strecke weit einbohrt und so eine eingeschlossene Probe mit zutage bringt. Diese sogen. Bachmann'sche Schlammröhre hatte auf dem „Planet" meist eine Länge von $^1/_2$ bis 1 m und einen Durchmesser von 3 cm. Beim Aufwinden verschloß sie sich

Digitized by Google

oben durch ein Kugelventil, so daß der Schlamminhalt nicht wieder herausgespült werden konnte. Die Röhre war umgeben von dem Lotgewicht, einer Eisenkugel von 28 kg Gewicht, die sich so befestigen läßt, daß sie beim Aufstoßen der Röhre auf den Boden sich automatisch abhebt und heruntergleitet. Sie bleibt dann am Boden liegen, und das Aufwinden des Lotdrahtes nebst der Röhre geht so leichter und schneller vonstatten.

Mit der Lotmaschine werden aber auch die physikalischen und

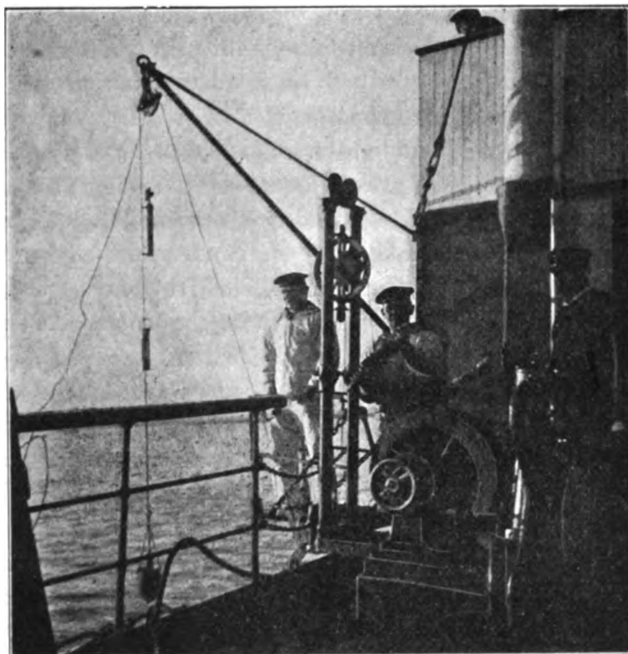


Fig. 3. Die Sigsbee'sche Tiefseelotmaschine an Bord von S. M. S. „Planet".

chemischen Eigenschaften des Wassers in beliebigen Tiefenschichten ergründet. Umkippthermometer werden hinabgelassen, um in bestimmter Tiefe zum Umschlagen gebracht zu werden, wodurch der Quecksilberfaden von einer verengerten Stelle der Röhre abreißt und an der Länge des abgerissenen Stückes nachher die in der Tiefe herrschende Temperatur ablesen läßt. Wie durchweg in der modernen Meeresforschung wurden die Temperaturen in hundertstel Grad bestimmt. Ein weiterer wichtiger Apparat, den der Draht hinabträgt, ist der Wasserschöpfer. Er geht offen in die gewünschte Tiefe, schließt sich dort und bringt aus jener Schicht eine fest eingeschlossene Wasserprobe herauf, die dann auf Salz-

Digitized by Google

und Gasgehalt untersucht werden kann; der Salzgehalt wird entweder mit Hilfe des Aräometers oder durch Titrierung mit Silbernitrat festgestellt, und zwar bis auf hundertstel Promille, und die Menge der gelösten Gase Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure wird durch kompliziertere chemische Methoden ermittelt, entweder an Bord selbst, was jedoch bei starkem Seegang nicht unerhebliche Schwierigkeiten hat, oder zu Hause, indem die Proben zunächst in Glasgefäße eingeschmolzen und vergiftet werden, damit sie nicht mehr durch Organismen in ihrer Zusammensetzung verändert werden können. Solcher Wasserschöpfapparate waren an Bord des „Planet" eine größere Zahl nach drei Systemen, Sigsbee, Krümmel und Nansen-Pettersson. Im wesentlichen bestehen alle aus einem Zylindermantel und einem oberen und unteren Verschluß. Der einfachste und kleinste Apparat, der auch meist schon beim Loten mit hinabgesenkt wurde, um gleich vom Boden eine Wasserprobe mitzubringen, ist der Sigsbee'sche. Er ist ein Messingzylinder von nur $^1/_2$ Liter Rauminhalt. An beiden Enden sitzen konisch geformte Messingpfropfen, die durch eine Stange fest verbunden und dadurch nur nach gleicher Richtung verschiebbar sind. Beim Hinablassen des Apparates wird somit durch den Wasserdruck von unten der ganze Verschluß aufwärts geschoben und der Zylinder offen gehalten, beim Aufholen dagegen wird der Verschluß beider Enden von oben aufgedrückt, und so kommt das zuletzt aufgenommene Wasser fest verschlossen herauf. Bedeutend größer, schwerer und komplizierter, aber auch sicherer ist der Wasserschöpfer nach Krümmel. Er wird nicht erst durch den Wasserdruck, sondern vor dem Hinablassen durch eine Aufhängevorrichtung geöffnet. Sobald er die gewählte Tiefe erreicht hat, wird an der Lotschnur ein Fallgewicht hinabgelassen, das den Verschluß automatisch herstellt. Ein an der Seite des Apparates angebrachtes Umkehrthermometer wird gleichfalls durch das Fallgewicht zum Kippen gebracht und mißt so die Temperatur der Schicht, aus der die Wasserprobe stammt. Das dritte System endlich besteht aus drei ineinandergebauten Zylindern, die wieder automatisch alle zugleich mit Wasser gefüllt und verschlossen werden; da nun Wasser ein schlechter Wärmeleiter ist, so bildet der Inhalt der beiden äußeren Zylinder einen Isolierschutz für den innersten, der somit das Wasser mit unveränderter Temperatur heraufbringt und diese dann oben zu messen gestattet.

Diese kostbaren Instrumente werden indeß, namentlich für größere Tiefen meist nicht dem einfachen Lotdraht anvertraut, sondern einer stärkeren Drahtlitze, und für diese war auch auf dem „Planet" eine besondere „Heißtrommel" aufgestellt. Sie ist aus starkem Schmiedeeisen gebaut und wird von einer Dampfmaschine von neun Pferdestärken

Digitized by Google

bedient. Auf ihr lag eine Drahtlitze von 4500 m Länge, von der die Hälfte aus 19 und die Hälfte aus 12 Drähten von je 0,6 mm Durchmesser gedreht war.

Zur Bestimmung der Stromrichtung in größerer Tiefe befand sich an Bord des „Planet" der Aimé'sche Stromanzeiger. Derselbe besteht aus einer eisernen Fahne, die sich nach Art einer Windfahne in die Richtung des Stromes einstellt, während darunter eine Magnetnadel frei schwebt. Sobald man annehmen kann, daß ein ruhiges Einstehen erreicht ist, wird an der Schnur ein Fallgewicht herabgelassen, welches die Magnetnadel in ihrer Stellung zur Fahne fixiert. Nachdem der Apparat dann heraufgeholt ist, kann man mit Hilfe einer Kreisteilung die Richtung bestimmen, welche die Fahne im Vergleich zur Magnetnadel, die naturgemäß nach Norden stand, einnahm. So exakt diese Methode erscheinen mag, sind ihre Resultate ebenso wie die mit anderen Instrumenten gewonnenen Messungen dieser Art doch noch ziemlich unzuverlässig und fehlerhaft und an Genauigkeit nicht entfernt zu vergleichen mit den im vorstehenden zur Erörterung gelangten Apparaten. Ein wirklich tadelloses Instrument zur Bestimmung der Richtung und besonders der Geschwindigkeit von Meeresströmungen harrt immer noch der Erfindung.

Ein sehr einfacher Apparat diente zur Bestimmung der Sichttiefe des Meerwassers; es ist eine weiße Scheibe von $^1/_2$ m Durchmesser, die bis zu der Tiefe versenkt wird, wo sie dem Auge des Beobachters verschwindet. Es gibt noch manche anderen und genaueren Methoden zur Erforschung der optischen Verhältnisse des Meeres, die aber auf „Planet" nicht zur Verwendung kommen konnten. Beobachtungen über die Farbe des Meerwassers wurden mit der Forel'schen Skala angestellt. Es ist dies eine Serie von zugeschmolzenen Fläschchen, die mit Flüssigkeiten in abgestuften Farben vom reinsten Blau bis zu fadem Grün gefüllt sind. Die Abstufung kommt dadurch zustande, daß einem Bestandteil einer wässerigen Lösung von Kupfersulphat und Ammoniak ein steigender Prozentanteil einer Kaliumchromatlösung beigemischt wird. Die Farbe des Wassers wird dann nach Stufen dieser Vergleichsskala angegeben. Diese, ebenso wie alle anderen auf die Oberfläche bezüglichen Beobachtungen wurden, da hierbei das Schiff in Fahrt bleiben kann, natürlich viel häufiger als die Tiefenbeobachtungen vorgenommen, in der Regel täglich zweimal: um 8 Uhr vormittags und um 4 Uhr nachmittags.

Die biologische Seite der Meeresforschung wurde, wie gesagt, vor allem auf das Plankton erstreckt, besonders auf seine vertikale und horizontale Verbreitung. Es wurden zu dem Zweck in den verschiedensten Meeresgebieten die einzelnen Tiefenstufen zwischen 0 und 5, 5 und 100,

Digitized by Google

100 und 200 m vom Planktonnetz durchzogen. Ein solches Netz mit Schließvorrichtung, wie es in zwei Exemplaren an Bord war, zeigt Fig. 4. Dazu kamen noch Fangbeutel, ein Brutnetz für größere Auftrieborganismen und allerlei Angelgeräte. Die Fänge wurden mit Alkohol und Formalin konserviert, um erst später gründlich bearbeitet zu werden; auch wurden sie lebend beobachtet, Skizzen und Präparate davon angefertigt. Um zu den so gefundenen Verhältnissen der Produktion auch die Produktions-

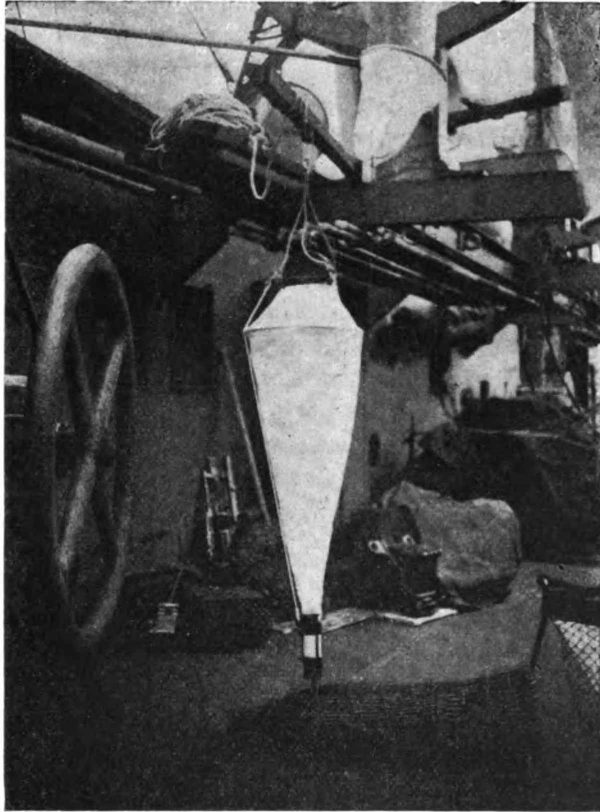


Fig. 4. Netz mit Schließvorrichtung.

bedingungen zu erkennen, mußten einerseits die hydrographischen Forschungen berücksichtigt werden und andererseits quantitative Untersuchungen über die auch nur spurenweise im Meerwasser vorhandenen Pflanzennährstoffe, namentlich über Stickstoffverbindungen (Nitrit, Nitrat und Ammoniak) sowie über Kieselsäure vorgenommen werden. Durch teilweise Zerstörung dieser Stoffe, nämlich der Nitrite und Nitrate, werden endlich auch die („denitrifizierenden“) Bakterien für den Stoffwechsel der Meere von hoher Bedeutung, und ihre Erforschung wurde deshalb

Digitized by Google

ebenfalls an Bord des „Planet" gepflegt, indem Meerwasserproben in Nährlösungen und auf Nährböden geimpft wurden.

Zu allen diesen Forschungsarbeiten, denen „Planet" auf seiner Ausreise nachzugehen hatte, gesellte sich schließlich noch eine, die hinsichtlich der Methode bereits hinüberleitet zu seiner späteren Tätigkeit im Vermessungsgebiete, nämlich das Studium der Meereswellen. Der „Planet" hatte die Aufgabe, von der bewegten Meeresoberfläche Aufnahmen zu machen mit einem neuen Verfahren, das er auch zum erstenmal auf die Küstenvermessung anwenden sollte, nämlich mit der Stereophotogrammetrie. Zur Erfindung des Stereoskops führte bekanntlich unsere Fähigkeit, auf Grund des stereoskopischen Sehens räumliche Entfernungen gegeneinander abzuschätzen; und demgemäß gibt uns das Instrument die Möglichkeit, aus zwei auf eine Ebene fixierten Bildern die räumliche Vorstellung des von diesen dargestellten Gegenstandes wieder zu erzeugen. Der Raum, den man so stereoskopisch beherrschen kann, vergrößert sich um so mehr, je mehr man die in dem Augenabstand von Natur gegebene Aufnahmebasis künstlich erweitert. An Bord kann man hierzu die gesamte Schiffslänge wählen, d. h. vorn und hinten je eine Aufnahmekamera mit den Objektiven O_v und O_h (Fig. 5) anbringen, deren Platten P_v und P_h in einer Ebene liegen, so daß die optischen Achsen einander parallel sind. Die Punkte, in denen sie die Platten treffen, werden durch ein in jeder Kamera befindliches Fadenkreuz, das bei der Aufnahme mitphotographiert wird, als die Mittelpunkte der Platten m_v und m_h markiert. Ein unendlich ferner Punkt M, auf den diese beiden Achsen gerichtet seien, wird nun offenbar auf beiden Platten genau in den Mittelpunkt m_v, m_h fallen. Ein davor liegender Punkt X oder Y dagegen wird sein Bild auf der einen Platte links, auf der anderen rechts vom Mittelpunkt entwerfen, und zwar um so weiter davon, je näher er an die Aufnahmebasis heranrückt. Je näher also der Gegenstand liegt, desto größer wird der örtliche Unterschied seiner Fixierung auf beiden Platten. Wird mit dem Plattenpaar

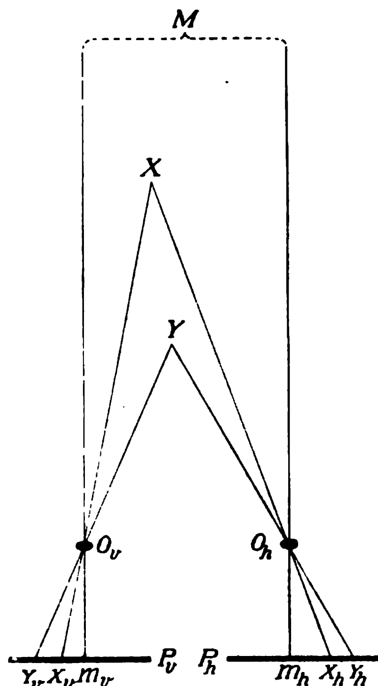


Fig. 5.

Digitized by Google

z. B. ein Küstenbild aufgenommen, dann werden also die vorspringenden vorderen Punkte desselben durch möglichst verschiedene, die entfernteren dagegen durch weniger abweichende Lagen auf beiden Platten sich auszeichnen. Nachdem ein solches Plattenpaar entwickelt und fixiert ist, wird es zum Ausmessen auf den Stereokomparator, der einem großen Stereoskop vergleichbar ist, gebracht und zwar in zweifach umgekehrter Lage, so daß rechts mit links und oben mit unten vertauscht ist (Fig. 6). Richtet man nun beide Augen A_l und A_r auf die Fadenkreuze, so sind die Augenachsen einander parallel gerichtet, wie wenn sie einen unendlich fernen Gegenstand betrachteten; die beiden Fadenkreuze erscheinen deshalb als ein einziges M'. Richtet man dagegen die Augen auf die Bilder X_v und X_h und gibt damit den Augenachsen die Richtung A_l X_v und A_r X_h, so verschmelzen jene beiden zu einem einzigen räumlichen Bild des Gegenstandes X, das in X' erscheint. Ähnlich ist es mit dem Gegenstand Y in Y'. Kurzum es tritt in dem Stereokomparator das verkleinerte plastische Modell der aufgenommenen Landschaft vor den Beschauer. Es kann nun eine wandernde Marke auf jeden beliebigen Punkt dieses Modells eingestellt und ihre Lage an drei Maßstäben räumlich eindeutig bestimmt werden, womit die Position des abgebildeten Gegenstandes zum photographierenden Schiff festgelegt ist. Indem so das ganze Modell ausgemessen wird, läßt sich schließlich auf Grund der einen Aufnahme eine Karte des photographierten Küstenstrichs herstellen; und das ist der große Vorteil, den die Stereophotogrammetrie vor der einfachen Photogrammetrie hat, die wegen großer Umständlichkeit und dabei bedeutender Fehlerquellen auch nie eine praktische Anwendung auf die Küstenvermessung erfahren konnte. Soll nun eine längere Küstenstrecke vermessen werden, so müssen derartige Doppelaufnahmen so aneinandergereiht werden, daß immer mehrere deutliche Punkte auf den sich aneinanderschließenden Bildern gemeinsam vorhanden sind. So kann eine lange Küstenlinie vermessen werden, ohne daß ein Fuß an Land gesetzt wird. Dieses neue Verfahren ist zwar schon früher an Bord von S. M. S. „Hyäne" und mit verbesserten Vorrichtungen auf dem „Planet" in den heimischen Gewässern kurz erprobt worden, jedoch nur in bezug auf die Konstruktion und Technik. Ob es aber auch in der praktischen Küstenvermessung zu brauchbaren Resultaten führt, das soll erst der umfassende Versuch des „Planet" in unseren Schutzgebieten der Südsee lehren. Wenn es sich bewährt, dann wird „Planet" vielleicht in 15 Jahren die 7000 km lange Küstenstrecke vermessen können, welche das alte Schiff „Möwe" ihm noch übrig gelassen hat, nachdem es selbst in 10jähriger Tätigkeit nur 1000 km nach dem bisherigen Triangulationsverfahren bewältigt hat. Für das neue Verfahren befinden sich auf dem

Digitized by Google

„Planet“ in einem Abstand von 43 m zwei von der Firma Zeiß in Jena gebaute Phototheodolite oder Aufnahmekameras. Damit die Platten beider Apparate genau in einer Ebene liegen, sind an beiden Fernrohre angebracht, die aufeinander gerichtet werden; eine völlig gleichzeitige Aufnahme mit beiden wird durch elektrische Auslösung erreicht.

Mit der Stereophotogrammetrie hat der „Planet“, wie schon angedeutet, noch eine zweite Aufgabe zu erfüllen, die Aufnahme von Meereswellen. In der Richtung allerdings ist das Verfahren schon in größerem Maße praktisch erprobt, und der „Planet“ soll nunmehr ein reiches Material solcher exakten Messungen zusammenbringen helfen, das dann eine bisher fehlende, feste Grundlage für das Studium der Wellenbewegung abgeben kann. Und das ist nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch wichtig, z. B. für die Schiffsbautechnik, der es zur Berechnung der nötigen Stärke von Schiffsverbänden noch durchaus an zuverlässigen Unterlagen fehlt. Bekannt ist das Beispiel der zwei englischen Torpedobootszerstörer „Cobra“ und „Viper“, die gerade wegen zu schwacher Verbände bei hohem Seegang auseinander brachen.

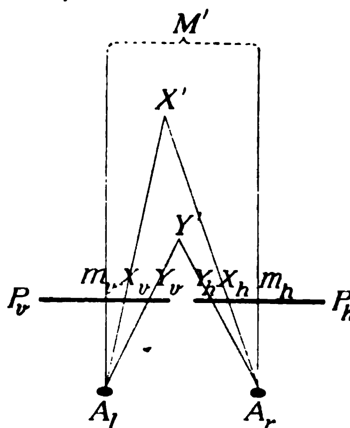


Fig. 6.

II. Einige vorläufige Ergebnisse der Expedition.

Nach den im vorstehenden skizzierten Zielen und Methoden hat also „Planet“ auf dem ganzen Wege von Kiel bis Matupi gearbeitet, teils regelmäßig zu bestimmten Tagesstunden, teils nur an einzelnen Stationen. Die wesentlichsten der hierbei erreichten Ergebnisse mögen, soweit sie sich vorläufig erkennen lassen, nunmehr im Verfolg des Reiseweges angedeutet werden. Dieser selbst konnte sich nicht ganz ausschließlich nach den zu lösenden Problemen richten, sondern mußte dabei auch auf den beschränkten Aktionsradius des nur auf seine Dampfkraft angewiesenen Schiffes Bedacht nehmen. So führte denn die Route von Kiel ausgehend über Lissabon, Kap Verden, Küste der Sierra Leone, St. Helena nach Kapstadt, von da in einem Vorstoß nach Süden gegen das Eismeer hin, wieder zurück nach Durban, alsdann durch den Indischen Ozean über Mauritius und Ceylon nach Padang an der Westküste Sumatras, von hier durch die Malaiische Inselwelt über Makassar und Amboina nach Matupi.

Schon in der Bai von Biskaya wurde eine ozeanographische Station

Digitized by Google

bis in große Tiefen durchgearbeitet, da trotz der großen Nähe dieses Meeresteiles doch neuere Beobachtungen von da noch recht spärlich sind. Hier wie auch auf einer im Westen der Straße von Gibraltar gemachten Station wurden höhere Temperaturen, wie sie weiter westlich bekannt sind, und vor allem eine deutliche Zunahme des Salzgehaltes in 600 bis 800 m Tiefe gefunden. Gerade dieses letztere Verhalten ist sonst ganz ungewöhnlich. Beide Erscheinungen führt Dr. Brennecke auf den Einfluß der aus dem Mittelmeer herauskommenden Unterströmung zurück, über der bekanntlich eine entgegengesetzte Oberströmung in das Mittelmeer hineinsetzt. Von diesen zwei Stationen abgesehen, wurde auf allen übrigen des Nordatlantischen Ozeans in 800 m Tiefe im Gegenteil ein Minimum des Salzgehaltes konstatiert; dasselbe zeigte sich später im Indischen Ozean und war schon vom Südpolarschiff „Gauß" auch für den Südatlantischen erkannt worden.

Nach dem Passieren der Kanarischen Inseln eröffnete sich dann der aerologischen Forschung das erste, wichtigere Feld zur Betätigung, nämlich die Region der Passatwinde, die unten im allgemeinen jahraus jahrein aus Nordosten wehen. Wie hier über dem Unterwind in größerer Höhe der bisher angenommene Gegenwind, der „Antipassat", sich überall nachweisen ließ, dafür möge als Beleg nur ein Zahlenbeispiel aus 22° n. B., 23° w. L. Platz finden:

0 bis 3000 m	östl. Winde,	ca. 17 m p. Sek.
3000 „ 4000 „	S. W.,	„ 4 „ „ „
4000 „ 6500 „	W.,	„ 13 „ „ „

Südlich der Kap Verden wurde schon das morphologische Kartenbild vervollständigt durch eine Lotung von 2120 m, die dicht bei einer früheren von 5120 sich ergab und so eine steil abfallende Bank feststellen ließ, wie solche dort schon in größerer Zahl gefunden sind. Darauf hat sich das Schiff an die afrikanische Küste bei Freetown durch eine ganze Serie von Lotungen von der Tiefsee aus herangelotet, hat dabei einen ziemlich steilen Abfall festgestellt und unter anderem 17 Grundproben zur Erkenntnis des Übergangs der festländischen Sedimente zu denen der Tiefsee zutage gebracht.

Nach dem Verlassen der Küste trat der „Planet" in den Bereich der Guineaströmung, die zwischen den beiden atlantischen Äquatorialströmungen nach Osten setzt. Hier machte sich vor allem in der Temperatur ein starker Sturz von der Oberfläche bis zu 50 m Tiefe bemerkbar, nämlich eine Abnahme um 11,9°, was bisher kaum beobachtet worden ist. Hier im Tropengebiet bot sich ferner dem Plankton- und Bakterienforscher die immerhin seltene Gelegenheit, über Menge, Art und Bedingungen der Produktion im Vergleich zu den besser unter-

Digitized by Google

suchten heimischen Meeren einige Anhaltspunkte zu gewinnen. Durch die besonders üppige Wucherung, welche die Bakterien z. B. hier unter dem Einfluß höherer Temperatur zeigten, wird sich vielleicht die Armut der tropischen Meere im Verhältnis zu den kühleren Wassern der gemäßigten Zone erklären. Die Ergebnisse der Planktonstufenfänge ließen hier besonders deutlich den Einfluß der Meeresströmungen, wie auch den der Landentfernung erkennen. Wie verschieden die Mengen desselben sich erwiesen, lehren z. B. folgende Zahlen für die Schicht von 0 bis 5 m Tiefe:

Bei 36°	n. B.	8°	w. L.	1,59	ccm	Plankton	auf	1	cbm Wasser
„ 4°	„	6°	„	5,25	„	„	„	1	„ „
„ 17°	s. B.	0°	„	1,05	„	„	„	1	„ „

Die aerologischen Aufstiege hatten hier im Kalmengebiet leider unter ungünstigem Wetter zu leiden, traten dann aber im Südostpassat wieder mehr in ihre Rechte. Die Drachen zwar versagten auch hier, denn mitten im kräftigen Passat wurde schon in 2000 m Höhe fast völlige Windstille angetroffen, die sich durch mächtige Schichten fortsetzte, durch welche die Drachen mit der geringen Schiffsgeschwindigkeit nicht hindurchzubringen waren. Da das Wetter klar war, glückten aber einige Ballonaufstiege und lehrten, daß die Stillenschicht sich bis zur Höhe von 8000 m erstreckte und erst darüber schwacher Nordwestwind, d. h. der „Antipassat", zur Herrschaft kam.

Wenn auch in der Äquatorzone neben den anderen Forschungen noch Lotungen ausgeführt wurden, so traten doch erst solche südlich von St. Helena wieder ganz in den Vordergrund; hier war das wichtige morphologische Problem des Walfischrückens in seinem nordöstlichen Abschluß zu lösen. Der Rücken war nämlich von der Valdiviaexpedition im Jahre 1898 als Valdiviabank entdeckt und von der deutschen Südpolarexpedition in seiner Fortsetzung nach Westen bis zu dem Zusammenhang mit der großen atlantischen Meridionalschwelle verfolgt worden; man vermutete darauf, daß der von dieser Hauptschwelle nach Nordosten abzweigende Rücken sich bis an die afrikanische Küste in der Gegend der Walfischbai erstrecke, und dieses östlichste Stück eben sollte „Planet" aufklären. Zu dem Zweck nahm er seine Route in einer weiten Ausbiegung nach Osten und fand, daß der Rücken mehrere Grad nördlich von der Walfischbai, bei Kap Frio, den Anschluß an den afrikanischen Festlandssockel erreicht. Durch 27 geschickt angeordnete Lotungen wurde der Rücken gut gefaßt und in den Einzelheiten seines Verlaufes klar festgelegt. Er hat eine Durchschnittstiefe von 2500 m und tritt als Scheidewand auch in Temperatur und Salzgehalt des Bodenwassers hervor; nördlich von ihm ist dasselbe wärmer

Digitized by Google

und salziger als in der südlich davon schon gegen das Eismeer hinziehenden Kapmulde.

Besonders schwere Arbeit brachte dem „Planet" der Vorstoß von Kapstadt nach Süden. Aufstiege gelangen in dieser Zone mit böigem Wind und unsichtiger Luft fast gar nicht. Auch die Planktonstufenfänge mußten eingestellt werden, da in den stark bewegten Fluten die Netze rissen. So lag der Schwerpunkt auf ozeanographischem Gebiet, und 19 Stationen für Lotungen nebst vier für Serienbeobachtungen wurden durchgeführt. Hierbei bestätigte sich in der Gegend der Crozetschwelle im ganzen die Auffassung, die bereits Schott im vorigen Jahre auf einer „Karte der Meeresströmungen im Südpolargebiet" (Petermanns Mitteilungen 1906) niedergelegt hatte, nur daß die Schwelle an Ausdehnung einbüßen mußte. Der „Planet" kam bei dem Vorstoß durch eines der interessantesten Mischwassergebiete des Meeres. Die kalte östliche Trift der Westwindzone prallt mit dem aus dem tropischen Indischen Ozean an der Ostküste Afrikas herunterziehenden Agulhasstrom südlich vom Kap zusammen, und dementsprechend finden sich Sprünge der Wassertemperatur bis zu 6° innerhalb einer Fahrtstunde, ebenso charakterisieren die Befunde des Salzgehalts und der Stromrichtung das Mischwassergebiet. Von 47° s. B. ab begann ein ständiges Fallen des Barometers, bis auf 50° s. B. schon 729 mm erreicht und die böigen Winde bis zur Stärke 10 angewachsen waren. Das Schiff hatte sich also einer tiefen Cyklone schon sehr genähert und mußte, nachdem es 11 Stunden beigedreht hatte, umkehren.

Nach kurzem Aufenthalt in Durban nahm „Planet" Kurs auf Madagaskar. Diese Route führte wieder durch morphologisch nicht ganz geklärtes Gebiet und war auch für Drachenaufstiege günstig. Bei Annäherung an die Insel wurde der Abfall ihrer Ostküste zur Tiefsee systematisch ins Auge gefaßt. Er erwies sich als sehr steil; die Isobathen folgen so dicht aufeinander, daß schon 13 Seemeilen von der Küste entfernt Tiefen von über 2000 m liegen. Bei den hierbei erlangten Grundproben wurde häufig eine Schichtung beobachtet, die bei näherer Untersuchung Schlüsse auf die Entstehung des Meeresbodens zulassen mag.

Der Weg von Madagaskar über Mauritius nach Ceylon war schon von mehreren Expeditionen berührt und versprach deshalb für ozeanographische Forschungen von vornherein wenig, um so mehr aber für die aerologischen; kreuzte er doch nacheinander die Zone des indischen Südostpassats, den schmalen Kalmenstreifen und die Monsunregion, die alle in den Höhen noch unberührt waren. Im Passat waren die Drachen wieder nicht über 2000 m hinaus zum Steigen zu bringen, da in dieser Höhe eine windstille Schicht einsetzte; aber ein Ballon gelangte hindurch

Digitized by Google

und brachte ein ähnliches Bild wie in den entsprechenden Zonen des Atlantischen Ozeans. In der Monsunregion wurde schon in der Höhe von 500 m eine kleine Drehung des Windes in WSW beobachtet, der dann erst in 7000 m unvermittelt in die entgegengesetzte Richtung E. N. E. umschlug und diese jedenfalls bis 15000 m unverändert behielt.

Von Ceylon wandte sich die Expedition ohne viel Aufenthalt nach Padang auf Sumatra und von da unter Lotungen die Westküste der Insel entlang bis nach Batavia auf Java, darauf wurde wieder eine bedeutsamere morphologische Aufgabe, die Klärung des Bodenreliefs südlich von Java, in Angriff genommen: in einer kleinen Ausbiegung nach Süden wurde unter recht ungünstigen Wind- und Stromverhältnissen im Laufe einer Woche durch 27 Lotungen der Sundagraben durchforscht, der in einigem Abstand von der Südküste Javas vermutet war und dort tatsächlich festgestellt wurde. Die größte gelotete Tiefe belief sich auf 7000 m, zugleich die größte, die man im Indischen Ozean überhaupt kennt.

Die bis 1000 m Tiefe reichenden Serienbeobachtungen aus dem Tropengebiet des Indischen Ozeans zeigen in der vertikalen Anordnung von Temperatur wie Salz- und Sauerstoffgehalt eine scharf markierte Sprungschicht in der Tiefe von 100 bis 125 m. Auf diese Erscheinung war man zwar schon früher aufmerksam geworden, doch hat ein so reiches, systematisches und zuverlässiges Material darüber bislang nicht vorgelegen. Sie mag in dem durch Verdunstung wie durch nächtliche Ausstrahlung bewirkten konvektiven Wasseraustausch der oberen Schichten ihre Erklärung finden. Rätselhafter ist sie im Stillen Ozean, wo zwei getrennte Sprungschichten zwischen den Tiefen von 100 bis 250 m sich herausstellten. Bedeutsame Fragen der ozeanischen Zirkulation werden da aufgerollt.

Eine rasche Fahrt führte den „Planet" von Java durch die Gewässer des Malaiischen Archipels vor die Nordküste von Neu-Guinea, wo wieder Probleme der Bodengestalt winkten. Auch hier wurde ein bedeutender Steilabfall gegen die Tiefsee gefunden; 3 Seemeilen von der Küste entfernt wurden Tiefen von über 2000 m gelotet, was einen Böschungswinkel von 20° bedeutet, und im Abstand von 9 Seemeilen Tiefen von mehr als 3000 m. In dieser Gegend wurden in der Jahreszeit des Südostmonsuns auch einige Aufstiege ausgeführt, die alle für den Unterwind die geringe Höhe von 500 m, darüber eine Stillenschicht von verschiedener Mächtigkeit und obenauf reinen Ostwind bis in die höchsten erreichten Höhen (10000 m) aufwiesen.

Nach der kurzen Vermessung der Hermitgruppe folgte dann im Januar 1906 die Fahrt vom Bismarck-Archipel nach Manila, auf der

Digitized by Google

noch eine hochwichtige Forschungsarbeit geleistet wurde und zwar im Osten der Philippineninseln. Nach Analogie mit dem nördlicheren Teil vom Westrand des Pazifischen Ozeans vermutete man nämlich hier eine tiefe, schmale Einsenkung des Meeresbodens, einen „Graben", und in der Tat wurde vor der Insel Mindanao, der südlichsten der Philippinen, ein solcher mit überraschend großen Tiefen und steiler Böschung aufgefunden und durch 36, in 4 Querschnitten angeordnete Lotungen in seinem Verlauf nach Norden verfolgt. Hierbei stellten sich Tiefen heraus von über 8000 m und nur 25 bis 45 Seemeilen von der Küste entfernt. Als Maximaltiefe wurde 8900 und als durchschnittliche 8500 m erlotet. Der Außenrand ist hier ebensowie durchgehends bei den übrigen ostasiatischen Gräben tiefer und weniger steil als der innere. Damit war ein neues, gleichartiges Glied an jene lange Kette von Gräben angeschlossen, die in ihrer völligen Homologie einen ausgeprägten und großartigen Charakterzug für den Westrand des Stillen Ozeans bilden, und die nicht nur einen äußerlichen, interessanten, scharfen Kontrast, sondern offenbar auch einen inneren Zusammenhang mit jenen gewaltigen Gebirgsfaltungsbogen und vulkanbesetzten Inselgirlanden der Randzone des ostasiatischen Festlandes aufweisen.

Damit war die Tätigkeit des „Planet" als eines wissenschaftlichen Forschungsschiffes im wesentlichen abgeschlossen. Alles aber, was im vorstehenden über seine Erfolge angeführt ist, sind nur vorläufige Resultate, die sich ohne weiteres aus den ersten Berichten und den Beobachtungen selbst entnehmen lassen. Die wertvollsten Aufschlüsse jedoch werden sich erst ergeben, wenn das gesamte Beobachtungsmaterial seine systematische Verarbeitung erfahren hat; namentlich sind z. B. auf dem Gebiet der Biologie noch die besten Früchte zu erwarten, weil diese stets erst aus einer umfangreichen Laboratoriumsarbeit zu Hause entspringen können. Ebenso ist in der Aërologie nach der bloßen Vollendung der Aufstiege die Natur noch ihres Schleiers nicht beraubt, sie birgt vielmehr ihre Geheimnisse noch hinter Kurvenzügen, denen sie durch Auswertung im Arbeitszimmer erst abzuzwingen sind. Wenn man so das Ganze betrachtet, wird man sagen dürfen, daß das Vermessungsschiff „Planet" mit seiner Ausreise eine recht erfolgreiche Forschungstätigkeit verbunden hat, deren Ermöglichung unserem Reichsmarineamt alle Ehre macht und deren Durchführung dem Namen des leider zum Schluß verstorbenen jungen Kommandanten, des Kapitänleutnants Lebahn, einen dauernden Platz in der Geschichte der Erforschung des Meeres sichert.



Digitized by Google



Der sechste Jupitermond

hat durch Frank E. Roß, einen Astronomen der internationalen Polhöhenstation in Gaithersburg (Maryland), eine Bearbeitung erfahren, die zu nahezu definitiven Elementen seiner Bahn um Jupiter geführt hat. Bekanntlich wurde der Mond Ende 1904 von Perrine photographisch auf der Lickssternwarte entdeckt. Zur Bahnbestimmung sind Beobachtungen bis November 1906 benutzt; hiervon sind zwölf auf der Licksternwarte, fünf in Greenwich, eine an der Yerkessternwarte gemacht. Dazu kommen zwei Positionen, welche auf den Himmelsaufnahmen der Harvardsternwarte, die dort in ununterbrochener Folge gemacht werden, nachträglich noch verifiziert werden konnten. Die eine fand sich auf einer Platte vom 25. Januar 1894, die andere auf einer solchen vom 1. Juli 1899; sie reichen also fast 11 respektive $5^1/_2$ Jahre vor die Entdeckung zurück.

Es ist leicht einzusehen, wie wichtig diese weit zurückliegenden Orte für eine scharfe Bahnbestimmung sein mußten. Namentlich das wichtigste Element, die Umlaufszeit, aus der sich zugleich der mittlere Abstand von Jupiter ergibt, wird um so sicherer bestimmt, je größer die Zwischenzeit zwischen den ältesten und neuesten[1]) Beobachtungen ist. Die erlangten Elemente sind:

Siderische Umlaufszeit . . . . . . = 250,618 mittlere Sonnentage
Mittlerer Abstand von Jupiter . . = 0,076603 astronomische Einheiten
= 11,451 Millionen Kilometer
= 158,38 Jupiterhalbmesser;

derselbe erscheint der Sonne unter einem mittleren Winkel von 3037″,0.

Exzentrizität der Bahn	= 0,1550	
Neigung	28° 44′,8	bezogen auf die Bahnebene des Jupiter
Aufsteigender Knoten	180° 31′,8	
Abstand des Perihels vom Knoten	87° 46′,2	

[1]) Wolfs in dieser Zeitschrift erwähnte Beobachtungen konnten dem Berechner noch nicht bekannt sein.

Digitized by Google

Bemerkenswert sind im Vergleich mit den vier „alten" Galiläischen Monden, die in fast kreisähnlichen, kaum gegen die Bahn ihres Planeten geneigten Bahnen wandeln, die starke Neigung und die Exzentrizität; ferner ist der große Abstand beachtenswert, der den des vierten Mondes fast genau um das sechsfache übertrifft. Die Umlaufszeiten des sechsten und vierten Mondes stehen nach dem dritten Keplerschen Gesetze im Verhältnis von $6^{\frac{3}{2}} : 1$ zueinander, was nahezu 15 ist. Bekanntlich ist die Umlaufszeit des vierten Mondes $16\,^2/_3$ Tage, folglich die des sechsten $15 \times 16\,^2/_3 = 250$ Tage.

Die Bewegung des sechsten Mondes in seiner Bahnellipse wird ganz erheblich durch die Sonne gestört. Der mittl. Abstand des Mondes von Jupiter ist der 68. Teil von dem Sonnenabstand des Jupiter. Der Abstand dieses Mondes von der Sonne schwankt also vom Neumond zum Vollmond von $^{67}/_{68}$ bis zu $^{69}/_{68}$ des Halbmessers der Jupiterbahn, also um $^1/_{34}$ des ganzen Wertes. Für die Sonnenstörungen kommt die Differenz der Anziehungen, die die Sonne auf ihn und auf Jupiter ausübt, in Betracht. Roß hat die sehr umständliche Berechnung der Einwirkungen der Sonne auf die Bahn in drei verschiedenen Teilen untersucht: 1. auf die vom Jupitermittelpunkt gesehenen Längen, 2. auf die Breiten, gemessen gegen die Bahnebene Jupiters, und 3. auf die Änderung des Radiusvektors. Unter 23 Termen der Störung der Länge haben die beiden größten Maximalwerte von 2,7, respektive 2,3 Graden, können also, wenn sie sich addieren, den Mond um 5 Grad vor- oder rückwärts in der Bahn verschieben. Unter 17 Gliedern der Breitenstörungen kommen solche bis zu 0,8 Graden vor. Unter 25 Gliedern, welche die Störungen des Radiusvektors darstellen, erreicht das größte den 40., das nächstgrößte den 60. Teil des ganzen Wertes desselben. Diese 65 Störungsglieder sind indessen nur die größten; die gesamte Störungstheorie des sechsten Jupitersatelliten enthält noch weit mehr Terme. Dieselbe ist so verwickelt wegen des relativ großen Abstandes des Mondes vom Bewegungszentrum im Verhältnis zum Abstand des störenden Körpers, der Sonne, die an Masse den Hauptkörper des Trabantensystems 1047 mal übertrifft.

Andere leicht zu berechnende Störungen rühren von der starken Abplattung Jupiters her. Diese erteilt dem aufsteigenden Knoten der Mondbahn eine rückläufige Bewegung von $1^0{,}207$, dem Perijovium (der Jupiternähe) aber eine vorwärtsschreitende Bewegung von $1^0{,}373$ im Erdenjahr. In 300 Erdenjahren (25 Jupiterjahren) laufen also die Knoten einmal rückwärts, in 263 Erdenjahren (22 d. Jupiter) die Apsiden einmal vorwärts durch den ganzen Tierkreis.

Die Störungen durch die Sonne würden noch mehr wachsen, wenn der Mondabstand noch größer wäre. Fingieren wir einen solchen Mond

Digitized by Google

und lassen seinen Abstand immer weiter wachsen, so könnten wir diesen schließlich so groß nehmen, daß die Sonnenstörungen ihn überhaupt aus dem Jupitersystem herausreißen und ihn, als Asteroiden um die Sonne zu kreisen, zwingen würden. Es gibt daher eine größtmögliche Distanz von Jupiter, jenseits welcher kein Satellit dauernd bei ihm bleiben kann. Bezeichnen wir diese Distanz, ausgedrückt in Einheiten des Abstandes des Jupiter von der Sonne, mit *r*, und das Verhältnis Sonnenmasse zu Jupitermasse mit *M*, so lautet die Bedingungsgleichung:

$$M \cdot r^3 = \frac{(1-r)^2}{2-r}$$

Dabei ist angenommen, daß Satellitenbahn und Jupiterbahn in derselben Ebene liegen. Da $M = 1047{,}35$ ist, finden wir hieraus durch Näherungen $r = 1:13{,}3$.

Es kann also kein Satellit, dessen Abstand den 13. Teil des Abstandes Jupiter—Sonne überschreitet, bei Jupiter existieren. Der sechste Jupitermond hat nur den 68. Teil des Sonnenabstandes als Entfernung von Jupiter, bleibt also im inneren Fünftel der durch die Sonnenstörungen um Jupiter gezogenen Grenze. Es könnten sonach Satelliten bei Jupiter existieren, die noch fast fünfmal so weit von ihm abstehen wie der sechste Satellit. Dieser entfernt sich, wenn die Erde ihren mittleren, der Sonne gleichen Abstand von Jupiter hat, bis zu einem scheinbaren Winkelabstand von $^5/_6$ Graden vom Hauptplaneten. Bis zum fünffachen desselben, d. h. bis zu vier Graden vom Jupiterzentrum weg, könnten also mit lichtstarken, modernen Reflektoren noch weitere schwache Begleiter des großen Planeten entdeckt werden.

Dabei würde eine eventuelle negative Ausbeute nicht einmal ein definitives Resultat sein. Denn, wenn Jupiter keinen Körper, der mehr als $^1/_{13}$ des eigenen Sonnenabstandes von ihm entfernt ist, als Mond festhalten kann, sondern als Asteroiden um die Sonne ziehen lassen muß, so muß er umgekehrt einen sonnenfernen Asteroiden, der ihm auf weniger als $^1/_{13}$ der Sonnenentfernung nahe kommt, als Mond einfangen können. Unter den Asteroiden waren bislang keine bekannt, die selbst im Aphel den Abstand von 4,8 astronomischen Einheiten überschritten hätten; (4,8 ist $^1/_{13}$ weniger als 5.2, der Abstand Jupiters von der Sonne in Erdbahnhalbmessern). Nachdem jetzt aber außer dem Planeten *TG*, über den wir in Jahrgang 1905 S. 517 berichtet haben, noch zwei andere Asteroiden VY und *XM* entdeckt sind, die diese „Gefahrgrenze" überschreiten können, mögen vielleicht noch mehr existieren, und künftige Generationen könnten Zeugen sein von dem Übergange eines Asteroiden in einen Jupitersatelliten. R.



Digitized by Google

Eine wichtige wissenschaftliche Entdeckung

für unsere Kenntnis vom Aufbau der Materie ist vor kurzem durch Lord Ramsay, den auch den Besuchern der Urania als Entdecker der Edelgase wohlbekannten englischen Gelehrten, gemacht worden. Schon vor einigen Jahren konnte Ramsay auf eine inzwischen von mehreren Seiten bestätigte, höchst merkwürdige Beobachtung hinweisen. Es handelte sich um die Entstehung von Helium aus der Radiumemanation. Zum besseren Verständnis der Sache sei bemerkt, daß das Radium, während es strahlt, also Energie abgibt, in eine Reihe von Zerfallsprodukten verschiedener Lebensdauer übergeht. Die Lebenszeit des Radiums selbst scheint fabelhaft groß zu sein; man darf annehmen, daß seine Strahlungskraft erst in etwa 1300 Jahren auf die Hälfte ihres Anfangsbetrages herabsinkt. Diese Zahl nennt man die Halbierungskonstante des Radiums. Auch die Zerfallsprodukte sind durch genau bestimmte Halbierungskonstanten definiert. So sind die ersten beiden Radiumabkömmlinge, ein Gas (die Emanation) und ein fester Körper (das sogenannte Radium *A*), durch folgende Konstanten charakterisiert: Emanation 3,7 Tage, Radium *A* 3 Minuten. Aus Radium *A* entwickelt sich eine Reihe weiterer radioaktiver Stoffe, die man bis zum Radium *F* verfolgt hat, die Emanation dagegen geht, nach den Versuchen von Ramsay, in Helium über und hat mit diesem ganz strahlungsfreien Stoffe anscheinend ihren stabilen Endzustand erreicht. Was das bedeutet, wird klar, wenn man sich vergegenwärtigt, daß nach dem spektralen Befunde sowohl Radium wie Helium chemische Elemente sind. Sonach hätte sich also vor unseren Augen, was alle bisherigen Anschauungen anscheinend über den Haufen wirft, ein chemisches Element zwar nicht zerlegt, aber in ein anderes umgewandelt.

Dieser ersten epochemachenden Entdeckung ist jetzt, eine zweite gefolgt, deren Realität von namhaften Gelehrten, wie Ostwald und Fischer, bezeugt wird. Es ist Ramsay gelungen, mit Hilfe der Radioaktivität Lithium zu schaffen. Wohl verstanden, zu schaffen, nicht etwa aus einer lithiumhaltigen Verbindung abzuscheiden, wie es der Chemiker mit Leichtigkeit vermag. Leitet man wiederum das erste gasige Zerfallsprodukt des Radiums, die Emanation, in Kupfersulfatlösung (das bekannte blaue Kupfervitriol), so zeigen sich nach einiger Zeit über der Flüssigkeit Spuren des Edelgases Argon. Im Kupfersulfat selbst scheiden sich feste Körper aus, unter denen man bei der Verdampfung im Spektralapparat sofort das charakteristische Lithium erkennt. Nun ist aber Lithium weder in der Emanation, noch im Kupfervitriol, noch in dem zur Untersuchung dienenden Glasgefäß als Verbindungsbestandteil vor-

Digitized by Google

handen, es ist also neu geschaffen. Kupfer und Lithium zeigen gewisse Verwandtschaften, somit scheint das Kupfer unter dem Einfluß der Emanation in Lithium verwandelt zu sein. Kupfer ist ein chemisches Element und Lithium auch.

Die Versuche gehören zu den subtilsten, die man anstellen kann; das kleinste Versehen, die geringste Unsauberkeit kann ein Resultat vortäuschen, und wahrhaftig, wenn nicht ein Ramsay dafür verantwortlich zeichnete, man würde über die Angelegenheit zur Tagesordnung übergehen. Denn gar keine Frage: was sich da vor uns abspielt, ist wissenschaftliche Alchimie in optima forma. Ob Radium in Helium, Kupfer in Lithium oder Blei in Gold verwandelt wird, ist im Grunde ganz gleich. Das Alte stürzt, neue Anschauungen brechen sich Bahn, wir leben in einer wissenschaftlich überaus bewegten, hochinteressanten Zeit. Eine Erklärung des Phänomens ist nur dann möglich, wenn das Atom, das bisher kleinste Materieteilchen, fällt, wenn es in noch kleinere Bestandteile, die vielleicht den einheitlichen Baustoff der Welt abgeben können, zertrümmert wird.

Dr. B. D.



Elektrische Flammenbogen zur Gewinnung des Stickstoffes aus der Luft

wurden gelegentlich der diesjährigen Naturforscherversammlung in Dresden von Dr. Brion vorgeführt. Die Einrichtungen des neuen elektrotechnischen Institutes der Technischen Hochschule konnten dabei in das beste Licht gestellt werden.

Bekanntlich sind die Stickstoffverbindungen für die Gewinnung der Salpetersäure oder der salpetersauren Salze, die als Düngemittel im Landwirtschaftsbetriebe eine hervorragende Rolle spielen, von größter Bedeutung, und der Gedanke, eine dieser Verbindungen, beispielsweise das Stickoxyd (NO), in großen Mengen direkt den unbegrenzten Vorratsschätzen der atmosphärischen Luft zu entnehmen, ist für Wissenschaftler und Techniker gleich verlockend. Schon seit mehreren Jahren hat es daher an Versuchen nicht gefehlt, den elektrischen Lichtbogen, wie er zwischen Kohlespitzen oder Metallstücken in der Luft entsteht, zur Hilfe heranzuziehen. Bei der überaus hohen Temperatur des in der Luft brennenden Lichtbogens (etwa 3000 bis 4000° C) entsteht in der Tat eine nicht unbeträchtliche Menge Stickoxyd, die dann der weiteren chemischen Verarbeitung zugeführt werden kann. Aber die älteren Versuche scheiterten an der Kompliziertheit der Apparate.

Digitized by Google

Erst der norwegische Physiker Birkeland erzielte durch Einführung des magnetisch abgeblasenen Hochspannungslichtbogens nennenswerte Erfolge. Mit der angewandten Spannung wächst die Länge des Lichtbogens; denkt man sich nun zwischen horizontalen Elektroden einen langen Bogen in der Nähe eines Magnetpoles, so wird der Bogen, der ja nichts anderes ist als ein beweglicher Strom, je nach der Stromrichtung nach oben oder unten abgelenkt und bildet einen Halbkreis, bei Verwendung von Wechselstrom eine leuchtende Scheibe. Durch Verwendung von sehr hohen Spannungen und relativ großen Stromstärken (5000 Volt und 200 Ampère) soll Birkeland Flammenbogenscheiben von nicht weniger als 2 m Durchmesser erhalten haben. Man kann sich denken, daß hierbei die Aktivierung eine bedeutende sein muß und ebenso die schließliche Ausbeute an Stickstoffverbindungen.

Dr. Brion zeigte überaus imposante Versuche sowohl mit einem Gleichstrom von 2000 Volt wie einem Wechselstrom von 4000 Volt Spannung. Die Bögen erreichten dabei Längen von 50 cm und mehr. Übrigens ist es nicht immer nötig, gerade eine Flammenscheibe zu bilden. Die Badische Anilin- und Sodafabrik beispielsweise erzeugt nach einem neuen Patent lange Flammenbögen in Röhren, durch die dann die zu aktivierende Luft geleitet wird. Brion selbst läßt einen Flammenbogen schnell rotieren. In allen Fällen wird das in der Nähe des Flammenbogens entstandene Gemisch von Luft und nitrosen Gasen durch ein Gebläse der chemischen Verarbeitungsstelle zugeführt, der man es dann überlassen muß, das Produkt durch weitere Verkettung und Bindung gebrauchsfertig zu machen.

Wenn auch die Ausbeute dem Aufwand gegenüber noch nicht allzugroß ist, so muß andererseits doch auch betont werden, daß man erst am Anfang einer neuen elektrochemischen Industrie steht, deren Weiterentwickelung manche Überraschung bringen kann. D.



Einschienige Eisenbahnen.

Das Problem der Herstellung einschieniger Eisenbahnen ist keineswegs neu; trotzdem ist es bisher nicht gelungen, es einer befriedigenden Lösung zuzuführen. Einen wesentlichen Erfolg nach dieser Richtung hin bezeichnet nun allem Anschein nach die Konstruktion, welche Herr Louis Brennan ersonnen und kürzlich unter der Bezeichnung „Mono-Railway“ der Londoner Royal Society in einem Modell vorgeführt hat. Die Schwierigkeit des Problems besteht vor

Digitized by Google

allen Dingen darin, das Gleichgewicht des Wagens unter allen Umständen zu gewährleisten, auch dann, wenn der Schwerpunkt des belasteten Fahrzeuges in beträchtlicher Höhe über der Schiene liegt. Die Versuche, diesen Zweck durch ein Gyroskop zu erreichen, haben nicht zum Ziele geführt. Nunmehr ist es aber Herrn Brennan gelungen, diese Schwierigkeit dadurch zu überwinden, daß er zwei in einander entgegengesetzten Richtungen umlaufende Gyroskope verwendet. Diese werden elektromotorisch angetrieben und sind möglichst reibungslos in luftverdünnten Kammern angeordnet. Die zur Aufrechterhaltung der Drehung erforderliche Kraft ist daher nur sehr gering, und sollte einmal die Kraftzufuhr plötzlich unterbunden werden, so würden die Schwungräder noch mehrere Stunden lang mit einer für die Erhaltung des Gleichgewichtes des Fahrzeuges hinreichenden Geschwindigkeit weiter umlaufen, ja es würde einige Tage dauern, bis sie vollkommen zum Stillstand gelangen würden. Die beiden Kreisel sind in irgend einer Weise zwangsläufig miteinander verbunden, so daß eine Veränderung der Drehungsebene des einen eine entsprechende Veränderung der Drehungsebene des anderen Kreisels im entgegengesetzten Sinne zur Folge hat, wodurch dann sofort das zur Wiederherstellung des gestörten Gleichgewichtes notwendige Kräftepaar hervorgerufen wird.

Die Räder des Fahrzeuges sind längs der Mittellinie hintereinander angebracht und so voneinander unabhängig angeordnet, daß Krümmungen von sehr geringem Halbmesser ohne Störung durchfahren werden können, ja selbst solche Krümmungen, deren Halbmesser kleiner ist als die Wagenlänge. Auch Unebenheiten des Bodens stören die ruhige Fahrt keineswegs. Durch diese Anordnung ist auch die Möglichkeit geboten, den Fahrzeugen eine beliebig große Breite zu geben.

Die Vorteile einer solchen einschienigen Bahn liegen auf der Hand. Die Anlagekosten sind natürlich wesentlich geringer als die gewöhnlicher Bahnen, da nur die Hälfte des Schienenmaterials und gleichfalls nur die Hälfte der Schwellenlänge erforderlich ist. Eine einschienige Bahn kann auch sehr viel leichter und schneller gebaut werden, ein Umstand, der für militärische Bahnen schwer ins Gewicht fallen dürfte. Es soll nach den Angaben der Zeitschrift „The Electrician" (**59**, 172—174, 1907), der auch diese Mitteilungen entnommen sind, unschwer möglich sein, in verkehrsarmen Gegenden mit einem vorrückenden Truppenkörper Schritt zu halten und somit seine Verproviantierung dauernd zu sichern. Wie wichtig dieser Punkt für strategische Zwecke ist, haben die Erfahrungen während

Digitized by Google

des Aufstandes in unseren afrikanischen Kolonien ja zur Genüge dargetan.

Von Wichtigkeit ist auch, daß die Fahrgeschwindigkeit gegenüber der jetzt üblichen bedeutend erhöht werden kann, da alle die Schwankungen fortfallen, die bisher unvermeidlich waren, weil es ganz unmöglich ist, zwei Schienen vollkommen parallel zueinander zu verlegen. Damit fällt auch die Gefahr der Entgleisung, selbst bei höchster Fahrgeschwindigkeit fort.

Sehr einfach gestaltet sich die Überbrückung von Wasserläufen oder Taleinschnitten. Es genügt, ein starkes Drahtseil quer über den zu überschreitenden Einschnitt zu ziehen und sicher zu verankern. Besitzt dieses Drahtseil nur hinreichende Tragfähigkeit, so wird der Wagen ohne Störung darauf entlangrollen. Übrigens dürfte auch die Verlegung einer einzigen Schiene über einen Wasserlauf in vielen Fällen keinerlei Schwierigkeiten bieten und, zumal für Zwecke des Personentransportes, gegenüber der Ausspannung eines Drahtseiles ein erhöhtes Sicherheitsgefühl gewähren. Wie wichtig gerade die einfache Möglichkeit, Geländeeinschnitte zu überschreiten, für strategische Zwecke ist, liegt auf der Hand.

Herr Brennan hat nunmehr begonnen, Versuche in großem Maßstabe mit vollkommen ausgebauten Wagen und hohen Fahrgeschwindigkeiten anzustellen, auf deren Ergebnisse man gespannt sein darf. Falls das Brennansche System sich bewähren sollte, würde es einen ungeheuren Fortschritt auf dem Gebiete des Verkehrs bedeuten. Nicht nur für Schnellbahnen zwischen verschiedenen Städten dürfte das Einschienensystem in Frage kommen, sondern auch für den inneren Verkehr, besonders der Großstadt, dürfte es von hoher Bedeutung werden, zumal es, vom ästhetischen Standpunkte aus betrachtet, gegenüber der gleichfalls einschienigen Schwebebahn jedenfalls den Vorzug verdienen dürfte. Dabei wäre indessen zugunsten letzterer zu berücksichtigen, daß sie von dem übrigen Straßenverkekr unabhängig ist.

Mi.



Digitized by Google

Himmelserscheinungen.

Übersicht über die Himmelserscheinungen
für Oktober, November und Dezember 1907.

1. **Der Sternenhimmel.** Am 15. Oktober um 11 Uhr, am 15. November um 9 Uhr, am 15. Dezember um 7 Uhr ist die Lage der Sternbilder gegen unseren Horizont die folgende:

Hoch im Süden und tief im Norden steht je ein Siebengestirn. Das im Norden ist wirklich der allbekannte große Bär, das im Süden aber eine Gruppe von 7 Sternen, die nur in ähnlicher, aber weit größerer Form angeordnet sind. Bei einem großen Quadrat von Sternen 2. Größe ist am linken oberen Eck eine gerade Linie von drei Sternen, die schräg aufwärtszielen, angesetzt. Die Einteilung der Sterne in Sternbilder zerreißt die scheinbar zusammengehörige Gruppe. Zu den drei „Deichselsternen" wird noch der nächste Wagenstern hinzugenommen. Hierin sahen die Griechen die Andromeda am Himmelsgewölbe angekettet, die Araber nannten die Sterne von links nach rechts Alamak, Mirach, (der dritte, schwächste, blieb unbenannt), Sirrah. Die andern drei Ecken des Quadrats und ein heller Stern in der Verlängerung der unteren Quadratseite nach rechts bilden die Hauptsterne des Pegasus und heißen Scheat (Schultermuskel) rechts oben, Markab (Sattel) darunter, Algenib (der Flügel) links und Enif (Nase) rechts von Markab; das Pferd streckt in der Figur die Beine nach Norden.

Von diesen Sterngruppen gehen wir aus. Die Linie Sirrah—Algenib zeigt, um sich selbst verlängert, ungefähr auf Saturn, die Linie Scheat—Markab, um das 2½fache verlängert, auf einen sehr tiefen Stern 1. Größe, Fomalhaut (Fischmaul) im südlichen Fische. Die Linie Markab—Enif zeigt auf den Adler, den wir am Rande der Milchstraße an den Sommerabenden mit seinen 3 Hauptsternen haben glänzen sehen. Die Grade der Adlersterne, nach unten verlängert, führt uns auf Algedi und den darunter stehenden β des Steinbocks. Unter der Andromeda liegt ein schmales gleichschenkliges Dreieck, Triangulum boreale, dann finden wir südlicher das kleine stumpfwinklige Dreieck der Widdersterne Hamal links und die beiden Mesarthim (= die Diener), ein Name der zumeist auf den südlicheren Stern allein angewandt wird. Weiter ostwärts entzücken die Haufen der Plejaden und der Hyaden, deren arabischer Name Aldebaran (= die gereihten Sterne) an dem hellen Stern 1. Größe am linken unteren Schenkel hängen geblieben ist. Noch östlicher ist die Pracht des Orion eben ganz aufgegangen. Das Kreuz liegt wagerecht. Zwischen Saturn und Orion füllen zwei große Konstellationen den weiten Raum aus, der Walfisch und der Fluß Eridanus.

Im Zenit finden wir die Cassiopea, durch welche die Milchstraße zieht; nach Westen hinunter ihr folgend, sehen wir das große Kreuz des Schwanes

Digitized by Google

aufrecht stehen, nach Osten absteigend finden wir das gleichschenklige Dreieck des Perseus und etwas tiefer die glänzende Capella.

In der Mittagslinie stehen südlich des Zenits um 9 Uhr abends die folgenden Sterne heller als 3.3 Größe: Die Kulminationshöhe findet man durch Hinzufügung der Deklination zu $37^1/_2{}^0$.

Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination	Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination
Okt. 3	ε Pegasi	2.3	$21^h\ 39^m\ 39^s$	$+9^0\ 27'.2$	Nov. 16	δ Androm	3.2	$0^h\ 34^m\ 24^s$	$+30^0 21'.5$
4	δ Capricorni	2.8	21 41 57	—16 32.8	18	β Ceti	2.2	0 38 58	—18 29.6
9	α Aquarii	2.9	22 1 3	— 0 46.0	24	β Androm.	2.1	1 4 34	+35 8.0
18	ζ Pegasi	3.3	22 36 52	+10 21.1	Dez. 6	β Arietis	2.7	1 49 33	+20 21.5
	η Pegasi	2.9	22 38 41	+29 44.4	8	γ Androm.	2.1	1 58 15	+41 53.4
21	δ Aquarii	3.2	22 49 45	—16 18.7	9	α Arietis	2.0	2 1 59	+23 1.7
22	α Piscis austr.	1.2	22 52 33	—30 6.8		β Trianguli	3.0	2 4 4	+34 33.1
23	β Pegasi	2.4	22 59 18	+27 35.1	23	α Ceti	2.5	2 57 28	+ 3 43.6
	α Pegasi	2.4	23 0 10	+14 42.6	24	β Persei	2.2	3 2 11	+40 36.1
Nov. 9	α Androm.	2.1	0 3 37	+28 35.0	28	α Persei	1.9	3 17 45	+49 32.1
10	γ Pegasi	2.7	0 8 29	+14 40.3	Jan. 2	δ Persei	3.0	3 36 22	+47 29.7

2. **Veränderliche Sterne.** Von Algol, der abends hoch im Osten steht, sind folgende Minima vor Mitternacht zu beobachten. Er ist in ihnen 3.4^m statt wie in vollem Lichte 2.2^m:

Okt. 5 $9^h\ 49^m$	Okt. 31 $5^h\ 10^m$	Dez. 7 $11^h\ 46^m$
8 6 38	Nov. 17 10 4	10 8 35
25 11 32	20 6 53	13 5 24
28 8 21		30 10 19

Der wunderbare Stern im Walfisch, Mira Ceti, dem freien Auge für gewöhnlich unsichtbar, steigt am 15. Nov. zur Maximalhelligkeit 2.(—5.) Größe an.

Von den Minimis von λ Tauri fallen im Dezember, mit dem 7. Dezember $12^h\ 42^m$ beginnend, alle 4 Tage $1^h\ 8^m$ früher eine Anzahl in bequeme Nachtstunden. Der Stern sinkt in ihnen von 3.4^m auf 4.5^m herab.

3. **Planetenlauf.** Merkur ist im Oktober am Abendhimmel zu tief für eine leichte Sichtbarkeit. Er nähert sich dann immer mehr der Linie Erde—Sonne und geht in seiner unteren Konjunktion so wenig nördlich dieser Linie zwischen Sonne und Erde durch, daß er sich am 14. November auf die Sonnenscheibe projiziert. Es entsteht ein **Merkursdurchgang,** der von $11^h\ 23^m\ 34^s$ vormittags bis $2^h\ 48^m\ 59^s$ nachmittags M. E. Z. am genannten Tage für den Erdmittelpunkt dauert. Über die Sichtbarkeit an den verschiedenen Orten Deutschlands veröffentlichen wir im nächsten Heft eine genauere Mitteilung. Merkur kommt hiernach an den Morgenhimmel und kann dort Ende November bis Mitte Dezember, wo er zwischen 6 und 7 früh aufgeht, wohl in der Wage und im Skorpion aufgefunden werden. Am 12. Dezember nähert er sich dem hellen Sterne β Skorpii bis auf 12′.

Digitized by Google

Venus ist endlich Abendstern geworden, und wird als solcher uns bis Mitte nächsten Jahres erfreuen; da sie erst am 14. September in oberer Konjunktion war, so dauert es zumal wegen ihrer südlichen Deklinationen doch bis Mitte November, ehe man sie in der Abenddämmerung auffinden wird. Sie steht dann unweit von Antares und wandert rechtläufig dem Schützen zu. Am 1. Dezember geht sie um $4^3/_4{}^h$, am Jahresschluß um 6^h abends unter. Sie hat dann gerade das Westende des Steinbocks erreicht.

Mars hat zwar die Opposition mit der günstigen Erdnähe schon lange hinter sich und ist in die rechtläufige Bewegung übergegangen. Diese führt ihn aber, wenn auch langsamer, in nördlichere Deklinationen und bringt ihn dadurch den Fernrohren der Nordhalbkugel doch wieder relativ näher. Die Nordwärtswanderung hat auch zur Folge, daß der Planet während des ganzen Vierteljahres seine Untergangszeit kaum ändert. Dieselbe ist stets um $10^3/_4{}^h$. Ein feststehender Fixstern würde von Monat zu Monat 2 Stunden früher untergehen. Mars aber läuft der Drehung des Himmelsgewölbes täglich rund $2^1/_2{}^m$ entgegen und bekommt längere Tagebogen, weil er immer nördlichere Deklinationen einnimmt. Anfangs südwestlich von den beiden Hauptsternen des Steinbocks läuft er am 2., 9., 15., 18. und 20. November der Reihe nach an den Sternen ϑ, ι, γ, δ, μ des Steinbocks vorbei, die nahezu eine gerade Linie bilden. Hierauf durchquert er den Wassermann und ist am Jahresende beinahe bis zu den Fischen gelangt. Genau findet am 31. Dezember 4^h abends eine interessante Konjunktion des Mars mit Saturn statt. Der rötliche Mars steht $1^0 15^m$ über dem bleichen Saturn.

Jupiter steht anfangs dicht links vom Sternhaufen der Praesepe im Krebs in rechtläufiger Bewegung. Er geht $12^1/_2{}^h$ auf, am 1. November bereits $10^1/_2{}^h$; am 1. Dezember steht der Planet still und wendet zur rückläufigen Bewegung um. Er erscheint schon um 9^h, am Jahresschluß bereits um $6^1/_2{}^h$ und bleibt bis Tagesanbruch zu sehen.

Saturn hat die Opposition mit der Sonne am 17. September seit kurzem hinter sich und zieht rückläufig in der Nordwestecke des Wassermanns. Er ist tief unter dem großen Rechteck des Pegasus leicht als Stern 1. Größe zu erkennen. Am 25. November steht er still und wandert rechtläufig fast genau den gleichen Weg wieder zurück. Bei Anbruch der Dunkelheit steht er bereits im Süden und bleibt Ende Oktober bis $2^1/_2{}^h$ früh, Ende November bis $12^1/_2{}^h$, Ende Dezember bis $10^1/_2{}^h$ abends sichtbar. Sein Ring erscheint nur in den ersten drei Oktobertagen als eine kaum wahrnehmbare feine Linie zu beiden Seiten der Planetenscheibe. Die Erde steht nur wenig südlich von der durch die Sonne beleuchteten Südfläche des Ringes. Am 4. Oktober um Mitternacht geht die Erde durch die erweitert zu denkende Ringebene auf deren Nordseite, und damit verschwindet der Ring, da wir nun gegen seine unbeleuchtete Fläche schauen. Nur den Schatten des Ringes sehen wir mitten über die Scheibe laufen. Dieser ringlose Zustand des Planeten dauert bis zum 7. Januar.

4. **Sternschnuppen.** Der November ist als Sternschnuppenmonat allgemein bekannt, aber nur um zwei Tage drängen sich die Erscheinungen zusammen: am 14. November fallen aus der Richtung des großen Löwen die Reste eines Zwillingskometen zu dem 1. des Jahres 1866 und um den 25. November aus der Andromeda die letzten Trümmer des berühmten Kometen Biela in

Digitized by Google

unsere Atmosphäre. Übrigens kann man auch um den 19. Oktober aus dem Stier und um den 11. Dezember aus den Zwillingen feurige Schnuppen erwarten.

5. **Jupitertrabanten.** Von den vielen Erscheinungen, welche uns die Jupitermonde darbieten, sind nachstehend nur jene aufgeführt, die vor Mitternacht sich ereignen. Dabei sind folgende Abkürzungen gebraucht:

Bed. {beg./end.} = Bedeckung (des Mondes durch den linken Rand des Planeten) {beginnt/endigt} hinter dem {linken/rechten} Rand.

Verf. {beg./end.} = Verfinsterung (durch den Planetenschatten) {beginnt/endigt} links des Planeten.

Sch. beg. = der Schatten des Mondes tritt rechts auf den Planeten herauf.

Vor. beg. = Vorübergang beginnt auf der rechten Seite des Planeten.

Sch. end. = der Schatten des Mondes verläßt links den Planeten.

Vor. end. = der Mond verläßt links die Planetenscheibe.

November	Dezember	Dezember
1 I Sch. beg. 12^h 0^m	3 I Vor. end. 11^h 59^m	18 I Verf. beg. 9^h 29^m 47^s
10 I Vor. end. 11 59	4 II Verf. beg. 11 18 46	19 I Sch. end. 9 7
11 II Vor. beg. 11 6	6 II Vor. end. 10 40	I Vor. end. 10 2
II Sch. end. 11 33	9 IV Bed. end. 9 28	20 II Sch. beg. 10 41
17 I Vor. beg. 11 31	10 I Sch. beg. 10 25	22 II Bed. end. 10 27
18 I Bed. end. 11 1	III Sch. end. 10 56	25 I Verf. beg. 11 23 13
II Sch. beg. 11 10	I Vor. beg. 11 27	26 I Sch. beg. 8 41
20 II Bed. end. 11 32	III Vor. beg. 11 28	I Vor. beg. 9 28
26 I Vor. end. 10 10	11 I Bed. end. 10 56	I Sch. end. 11 1
Dezember	13 II Vor. beg. 10 6	I Vor. end. 11 48
2 I Verf. beg. 11 14 52	II Sch. beg. 11 4	27 I Bed. end. 8 56
3 I Sch. end. 10 51	17 III Sch. beg. 11 14	28 III Bed. end. 11 43
III Vor. end. 11 33	IV Vor. beg. 11 48	29 II Verf. beg. 8 23 13

6. **Saturnstrabanten.** Von den sehr zahlreichen Erscheinungen in der Welt dieses reichen Planeten seien nach genauen Vorausberechnungen, die Herr Dr. Guthnik-Berlin in sehr dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt hat, diejenigen der beiden hellsten Monde Titan und Rhea hier mitgeteilt.

Der Austritt der Rhea aus dem Saturnschatten ist zu beobachten:

Oktober 11^d 8^h 21^m 2.9″, 20^d 9^h 16^m 3.9″, 29^d 10^h 12^m 4.9″
November 7^d 11^h 7^m 5.5″, 16^d 12^h 8^m 6.0″

Neben jeder Zeitangabe ist in Bogensekunden der Abstand vom Saturnrande angeführt, in dem Rhea erscheint; Saturn selbst hat etwa 19″ Durchmesser. Der Austritt erfolgt im Fernrohr links vom Saturnrande; der unsichtbare Ring stört nicht. Titans Schattenaustritte fallen alle in die Tagesstunden.

Der Schatten von Rhea kreuzt die Rotationsachse des Saturn: Oktober: 4^d 11.6^h + 1.1″, 13^d 12.5^h + 1.3″, 22^d 13.4^h + 1.4″, November: 23^d 4.6^h + 1.9″, Dezember: 2^d 5.6^h + 2.1″, 11^d 6.5^h + 2.1″, 11^d 6.5^h + 2.2″, 20^d 7.5^h + 2.4″, in Bogensekunden sind hier die Abstände von der Saturnmitte angegeben.

Der Schatten von Titan kreuzt die Rotationsachse des Saturn: Oktober: 5^d 5.55^h + 2.9″ (2.9^h); 21^d 4.82^h + 3.6″ (2.8^h), November: 6^d 4.08^h + 4.8″ (2.6^h), hier ist noch in Klammern die halbe Dauer des Durchgangs in Stunden angegeben.

Digitized by Google

7. **Sternbedeckungen** durch den Mond (sichtbar für Berlin):

Tag	Stern	Größe	Eintritt	Austritt	Positionswinkel[1] d. Eintritts	Positionswinkel[1] d. Austritts	Alter des Mondes[2]
Okt. 24	ι Tauri	5.4	10 h 22.2 m	11 h 25.6 m	91°	232°	18
Nov. 18	μ Ceti	4.2	6 10.7	7 6.3	93	217	13
20	δ¹ Tauri	3.8	5 18.4	6 3.6	40	285	15
21	ζ Tauri	3.0	18 23.7	18 47.7	20	336	16
23	Neptun	8	10 8.4	10 38.2	148	202	18
23	δ Geminorum	3.3	17 3.1	18 12.1	70	305	18
Dez. 12	30 Piscium	4.8	4 47.1	5 51.3	32	271	8
12	33 Piscium	5.0	6 45.8	7 59.6	64	285	8
13	20 Ceti	5.2	5 20.6	5 49.0	128	174	9
15	ξ² Ceti	4.2	3 59.2	4 51.4	98	211	11
17	δ¹ Tauri	3.8	14 1.6	14 37.4	138	198	13
17	δ³ Tauri	5.0	15 18.2	16 20.6	68	272	13
20	Neptun	8	18 6.4	18 47.6	146	228	16
26	ν Virginis	4.4	10 38.3	11 27.3	77	321	22

[1]) Vom nördlichsten Punkte des Mondes entgegen dem Uhrzeiger gezählt.

[2]) Vor Vollmond (Alter 15 Tage) finden die Eintritte am dunklen Rande statt, die Austritte am hellen, nachher ist es umgekehrt.

8. **Mond,** a) Phasen.

Neumond	Okt.	6	23 h	Nov.	5	12 h	Dez. 4	23 h
Erstes Viertel		13	23		12	6	11	15
Vollmond		20	22		19	13	9	7
Letztes Viertel		28	21		27	17	27	12

b) Apsiden.

Erdnähe	Okt.	14	3 h	Nov.	8	19 h	Dez. 6	16 h
Erdferne		27	22		24	19	22	10

c) Konjunktionen mit den Planeten.

Merkur	Okt.	8	11 h	Nov.	6	13 h	Dez. 3	11 h
Venus		7	8		6	11	6	12
Mars		14	18		12	5	10	19
Jupiter		{ 1 29	19 11		25	22	28	3
Saturn		18	7		14	11	11	17

d) Auf- und Untergänge für Berlin.

Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang
Okt. 1	12 h 4 m	3 h 37 m	Nov. 1	14 h 16 m	3 h 27 m	Dez. 1	15 h 35 m	2 h 28 m
4	15 25	5 2	4	18 2	4 25	4	19 39	3 37
7	19 7	6 1	7	22 5	5 41	7	23 7	5 59
10	23 2	7 11	10	0 21	8 15	10	0 24	9 52
13	1 26	9 19	13	2 19	12 6	13	1 31	13 46
16	3 44	12 58	16	3 23	15 57	16	2 29	17 24
19	4 57	16 57	19	4 24	19 36	19	3 56	20 37
22	5 58	20 42	22	5 58	22 45	22	6 25	22 45
25	7 24	23 59	25	8 36	0 11	25	9 41	23 56
28	9 49	1 35	28	11 56	1 31	28	13 11	0 32

Digitized by Google

9. **Sonne.**

Sonntag	Sternzeit f. den mittl. Berl. Mittag	Zeitgleichung mittl. — wahre Z.	Dekli- nation	Aufgang für Berlin	Untergang
Okt. 6	12 h 55 m 50.43 s	—11 m 33.42 s	— 4° 45.7′	6 h 15 m	5 h 38 m
13	13 23 26.31	—13 27.83	— 7 25.8	6 28	5 16
20	13 51 2.18	—14 58.22	—10 0.8	6 40	5 1
27	14 18 38.05	—15 58.02	—12 28.6	6 53	4 46
Nov. 3	14 46 13.93	—16 21.35	—14 47.0	7 6	4 33
10	15 13 49.82	—16 4.87	—16 53.6	7 19	4 20
17	15 41 25.71	—15 7.78	—18 46.2	7 33	4 10
24	16 9 1.60	—13 30.21	—20 22.4	7 44	4 1
Dez. 1	16 36 37.50	—11 14.11	—21 40.2	7 55	3 54
8	17 4 13.40	— 8 25.07	—22 37.8	8 4	3 51
•15	17 31 49.31	— 5 12.53	—23 13.7	8 12	3 50
22	17 59 25.21	— 1 46.81	—23 27.0	8 17	3 51
29	18 27 1.12	+ 1 41.71	—23 17.2	8 19	3 56

Die Summe der 2. und 3. Kolumne gibt die Rektaszension der Sonne, die Äquatorhöhe 37° 29.7′, um die südliche Deklination vermindert, ergibt die Kulminationshöhe der Sonne für Berlin. Am 22. Dezember 13h (also 1h nach Mitternacht) tritt die Sonne in das Himmelszeichen des Steinbocks. Damit beginnt der Winter.



W. Foerster, Von der Erdatmosphäre zum Himmelsraume. Mit 22 Abbildungen. Einzeldarstellungen aus den Naturwissenschaften. Herausgegeben von Hermann Hillger. IV. Berlin und Leipzig, 1906.

Der Verfasser führt uns hier in geistvoller Weise in das unseres Wissens bisher noch nie zusammenfassend behandelte Grenzgebiet zwischen Geo- und Astrophysik ein. Was kommt aus kosmischen Entfernungen hinein in unsere Atmosphäre, was geht aus dieser an den Weltraum über und damit der Erde verloren? Sternschnuppen und Meteore, Polarlichter, silberne (Jesse'sche) Wolken, Mond- und Sonnenhöfe, Elmsfeuer, auch das Zodiakallicht werden unter diesem Gesichtspunkt besprochen. Die Erfüllung des Raumes mit einem interstellaren Medium und der rätselhafte Äther finden ihre Würdigung. Wohl sind diese Gebiete oft einzeln abgehandelt, aber die Beziehungen, die hier zwischen ihnen von hoher abgeklärter Geisteswarte aus hergestellt werden, verleihen dem Werke seinen besonderen Wert. R.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 68.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google



Wetterpropheten der Tierwelt.

Von Dr. **Friedrich Knauer** in Klausen.

Die Zeiten sind vorüber, da wir bezüglich unserer Schlüsse auf bevorstehende Wetterveränderungen auf das Vorgefühl verschiedener Tiere, auf Veränderungen in der Tier- und Pflanzenwelt angewiesen waren. Unsere fein konstruierten physikalischen Apparate besorgen solche Wetteranzeige weit verläßlicher. Es ist aber nicht richtig, wenn man die Fähigkeit verschiedener Tiere, Wetterwechsel in der oder jener Weise vorher anzukündigen, gänzlich leugnet. Diese Frage läßt sich nicht in der Studierstube lösen und kann auch nicht auf gelegentliche Beobachtungen im Freien hin ausgetragen werden. Hier hat der Bauer, der Forstmann, der Hirte, der Gärtner das Wort, denen bei ihrem häufigen Aufenthalt im Freien die Beziehungen zwischen den Wetteränderungen und dem Verhalten der Tiere viel besser vor Augen treten und die auf einzelne Details achten, die der Städter gar nicht wahrnimmt. Der Landmann, der Jäger gibt auch heute auf solche im Laufe der Zeiten zu tatsächlichen Wetterregeln gewordene Wahrnehmungen mehr als auf die Prognosen unserer meteorologischen Apparate. Wenn man selbst unter den Menschen Individuen findet, die, sei es, weil sie überhaupt sensibler veranlagt sind, sei es, weil sie durch krankhafte Gliedmaßen, Wundnarben, rheumatische Leiden usw. — die sogen. „Hühneraugen" stehen ja als solche Wetteranmelder in Ruf — wetterempfindlicher sind, bevorstehende Änderungen des Wetters früher verspüren als andere, so darf es uns nicht wundernehmen, daß es auch unter den immer im Freien lebenden Tieren Arten gibt, welche für Witterungswechsel mehr oder weniger empfängliches Empfindungsvermögen zeigen. Je nachdem gewissen Tierarten das Steigen und Fallen der Temperatur, Trockenheit oder Feuchtigkeit

Digitized by Google

Behagen oder Unbehagen verursacht, werden sie sich auch anders benehmen, und der in oft wiederholter Beobachtung Geübte wird aus der Unruhe, Ängstlichkeit, Lebhaftigkeit der Beobachtungstiere, aus der Art ihrer Bewegungen, dem Sträuben und Reiben der Haare, des Gefieders, der Art des Fluges, den behaglichen oder verdrießlichen Lauten, und in welch anderer Weise diese Tiere ihrer Vorahnung kommender Wetteränderung Ausdruck geben, auf die bevorstehende Witterung schließen. Von solcher mehr oder minder auf tatsächlichen Wahrnehmungen beruhender Wettervorahnung abgesehen, haben in dieser Richtung angestellte, eingehende Untersuchungen ergeben, daß verschiedene Tiere über körperliche Einrichtungen verfügen, durch welche sie befähigt erscheinen, auf Veränderungen im Luftdrucke, in dem Feuchtigkeitsgehalte und der Temperatur ihrer Umgebung sofort zu reagieren.

Ich will im nachfolgenden zum großen Teile auf Grund eigener, vieljähriger diesbezüglicher Beobachtungen in Kürze jener Tiere gedenken, die dem Landmanne, Hirten, Jäger als Wetterpropheten gelten, und dann auf die Tierarten zu sprechen kommen, bei welchen Empfänglichkeit für Wetteränderungen in ihrem Baue begründet erscheint.

Wenn der Maulwurf reichliche Haufen von besonderer Höhe aufwirft, so gilt dies dem Landmanne als Anzeichen bevorstehenden, anhaltenden Regens.

Halten sich die Fledermäuse verborgen, so wird dies gleichfalls als Anmeldung bevorstehenden Regens gedeutet. Ist an nassen, kalten Abenden keine Fledermaus zu sehen, so steht auch für den nächsten Tag keine Anderung des Wetters zu erwarten, während, wenn sich an solchen Abenden auch nur ab und zu Fledermäuse auf der Insektenjagd sehen lassen, baldige Besserung des Wetters zu erwarten ist. Fliegen die Fledermäuse bei heiterem Wetter bis spät in den Morgen hin umher, so schließt man auf Anhalten der schönen Witterung.

Sehr empfänglich für Witterungsänderungen ist unser Eichhörnchen. Regen, Sturm, Gewitter sind ihm unangenehm. Ist solche Witterung in Aussicht, dann zeigt sich das Eichhörnchen schon einen Tag voher sehr unruhig, springt erregt im Gezweige umher und läßt dabei ein eigenartiges Pfeifen und Klatschen, wie es dies sonst nur im Zustande großer Erregung tut, hören. Beginnt sich dann das schlechte Wetter wirklich zu entwickeln, so zieht sich das Eichhörnchen in sein Nest zurück, verstopft den Ausgang nach der Wetterseite sorgfältig, rollt sich im Innern zusammen und wartet so den Verlauf des Wetters ab.

Digitized by Google

Die Alpenbewohner glauben fest daran, daß am nächsten Tage Regen zu erwarten ist, wenn die Murmeltiere trotz Sonnenscheines nicht in gewohnter Weise auf den Matten spielen. Auch ihr Pfeifen halten sie für eine Anmeldung bevorstehender Wetteränderung.

Legt der Alpenhase früher als sonst sein Winterkleid an, so hält man dies im Gebirge für ein Anzeichen eines bevorstehenden sehr strengen Winters.

Dagegen gilt es als Anzeichen kommender schöner Tage, wenn die Hausmäuse ein helles, munteres Pfeifen hören lassen.

Der erfahrene Jäger schließt aus der Wahl, die der Hase für sein Lager trifft, aus einem unruhigen Hin- und Herlaufen und dem unruhigen Verhalten im Lager auf den Eintritt anderen Wetters.

Schreitet der Esel recht träge einher, senkt den Kopf, läßt die Ohren nach vorwärts hängen und reibt sich gern an einer Wand, dann steht Gewitterregen bevor. Bekannt dürfte es sein, wie sich solche Wetterprophezeiung des Esels bei einem Jagdgange König Ludwigs XI. von Frankreich bewährt hatte. Die Astrologen hatten ihm gutes Wetter vorausgesagt. Ein Kohlenbrenner aber, der dem König begegnete, hielt es für seine Pflicht, den König auf das Herannahen eines binnen wenigen Stunden zu gewärtigenden, starken Gewitters aufmerksam zu machen. Der König folgte dem Rate und kam gerade noch vor Ausbruch des Gewitters nach Hause. Aus dem Munde des dann ins Schloß beschiedenen Köhlers erfuhr der König, daß der Mann seine Wettervorahnung seinem Esel zu danken habe, der ihm immer ganz zuverlässig durch sein Verhalten Regenwetter anmelde.

Die Pferde verraten auf der Weide oder im Stalle bevorstehende Wetteränderung durch Herumschlagen mit dem Schweife und fortwährendes Stampfen mit den Füßen.

Auch die Schafe und Ziegen zeigen sich für Wetteränderungen empfindlich. Weiden die Schafe besonders fleißig, selbst noch unterwegs auf dem Wege nach Hause, laufen sie laut blökend unruhig hin und her, lecken sie sich viel die Schnauze, drehen sie sich vom Winde weg, gehen die Widder auf dem Wege mit den Hörnern aufeinander los, fressen die Ziegen, ohne sich durch Schläge beirren zu lassen, gierig von den jungen Trieben der Sträucher, so ist der Hirte des Nahens schlechter Witterung sicher. Dagegen deutet er munteres Springen der Schafe für ein Anzeichen anhaltend guten Wetters. Es wird erzählt, daß der Physiker Newton eines Tages bei herrlichstem Wetter einen Ausflug über Land machte und, als er an einem Schäfer vorbeikam, von diesem den Rat erhielt, umzukehren, da Regenwetter bevorstehe. Da am Himmel auch nicht das geringste Anzeichen drohenden Regen-

Digitized by Google

wetters zu erblicken war, hielt sich Newton nicht an die Mahnung des Hirten und setzte seinen Marsch fort, mußte aber schon nach einer halben Stunde den Rückweg antreten, da in der Tat heftiger Regen eingetreten war. Von dem Schäfer, an dem er wieder vorbei kam, erfuhr er dann, daß ein alter Schafbock der Herde immer, auch bei schönstem Wetter, kommenden Regen dadurch anmelde, daß er sich in bestimmter Weise vom Winde wegwende.

Ähnlich verhalten sich auch die Rinder bevorstehenden Wetteränderungen gegenüber. Bei ständigem Wetter weidet das Rindvieh in aller Ruhe und behaglich das üppige Gras ab. Steht aber Witterungswechsel in Aussicht, dann nimmt die Freßlust des Weideviehs ab, die Tiere drehen sich gegen den Wind, heben von Zeit zu Zeit den Kopf, lecken fleißig die Schnauze, atmen gierig mit aufgeblähten Nasenlöchern die wehende Luft ein, wollen sich nicht niederlassen und nehmen gern eine Schutzstellung hinter Hecken ein. Schon bei römischen Schriftstellern findet man Hinweise auf solche Wettervorahnung der Rinder. Bei Plinius heißt es, daß es als Anzeichen nahenden Unwetters zu deuten ist, wenn die Rinder mit erhobenem Kopf in die Luft wittern oder ihr Haar lecken. Nach Älianus steht schönes Wetter bevor, wenn die weidenden Rinder den Vorderleib nach links krümmen, schlechtes Wetter, wenn sie den Vorderleib nach rechts krümmen.

Unruhig und von Zeit zu Zeit schreckend, laufen Hirsche und Rehe im Walde umher, wenn Wetteränderung zu erwarten steht. Ihr Regenlaut erinnert in seiner Kürze einigermaßen an den kurzen, scharfen Schrecklaut, den Hirsche und Rehe ausstoßen, wenn sie plötzlich jemanden erblicken.

Wühlen die Schweine mit Behagen im Moraste, liegen sie stundenlang im Mistpfuhl, dann hält warmes Wetter an, heben sie aber den Rüssel hoch und atmen gierig Luft ein, verstreuen sie das Futter im Troge und läßt ihre Freßlust nach, dann droht Regenwetter.

Es kann nicht fehlen, daß auch unser treuester Gefährte, der Haushund, zu den Wetterpropheten der Tierwelt gehört. In einem Volksbuche aus dem 17. Jahrhundert heißt es:

Wan den Hunden die beuch knurren,
Vil graß essen, greinen und murren,
So bleibt selten underwegen,
Es folgt bald darauff ein regen.

So die Hunde das graß speien
Und sie über die Flöh schreien
Und sich mit den zehen jucken,
Tut naß wetter anrucken.

Digitized by Google

Der Hund ist wetterlaunig, sagt der Jäger. Er muß ihn vor Gewitterbeginn aus dem Zimmer weisen, denn er strömt dann widerlichen Übelgeruch aus. Wird er plötzlich träge, läßt in der Suche nach, bleibt hinter dem Jäger, zeigt er geringe Freßlust, frißt er Gras und scharrt in der Erde, wälzt er sich am Boden, dann ist Wetteränderung in Aussicht.

Die Katze zeigt sich vor Eintritt eines Gewitters sehr unruhig, unterläßt die Mäusejagd, frißt und schläft nicht. Fährt sie sich mit der Pfote waschend über das Gesicht, dann heißt es, es kommt gutes Wetter, fährt sie sich aber auch übers Ohr, dann gibt es Regen. Nach Beobachtungen von Sajo legt sich die Katze, wenn Regenwetter im Anzuge oder in Vorbereitung ist, fast immer so auf den Boden, daß ihre Hinterfüße ausgestreckt sind. Es ist nicht die Hitze, welche diese Lage veranlaßt, denn auch bei kühler Witterung nimmt die Katze diese Stellung ein. Ist der Luftdruck im Steigen oder überhaupt keine Bewölkung im Anzuge, dann hält die Katze ihre Füße eingezogen.

Nach einer alten Bauernregel ist es ein Zeichen für längeres Andauern des Winters, wenn der Dachs zu Lichtmeß, verleitet durch frühes schönes Wetter, aus seinem Baue vorkommt.

Eine wichtige Rolle als Wetterpropheten spielen die Vögel. Die nicht als Standvögel auf einem Platze bleibenden oder als Strichvögel in einem größeren oder kleineren Bezirke herumstreichenden, sondern vor dem Eintritt des Winters fortwandernden Arten haben ein ganz besonders feines Gefühl für die meteorologischen Veränderungen und wissen, wann es Zeit ist, im Herbste fortzuziehen, im Frühjahre wiederzukommen. Sogar die im Käfig gehaltenen, gegen den Witterungswechsel geschützten Vöge werden, wenn die Zugzeit herangerückt ist, in ihren Bauern unruhig und wollen fort.

Seit alten Zeiten schon steht der Haussperling im Rufe eines Wetterpropheten. Schon bei Theophrast heißt es, daß die Sperlinge durch fleißiges Schreien Regen und Sturm anmelden und daß eifriges Rufen der Sperlinge am Abend Regenwetter anzeigt. Es deutet auch auf kommendes Regenwetter, wenn die Sperlinge im Sande baden.

Hört der Buchfink mit seinem Geschmetter auf, fliegt unruhig in seinem Bezirke herum und läßt dabei sein einförmiges „schriep, schriep“ hören, so gibt es Regen. In Thüringen übersetzen die Knaben diesen knarrenden „Wasserruf“ des Buchfinken direkt mit „Regen“.

Die für Elektrizität sehr empfänglichen Fichten-Kreuzschnäbel zeigen durch ihre große Unruhe das Herannahen von Gewittern an.

Auch die Drosseln vermelden, wenn sie ihr Singen sein lassen und unruhig hin und her fliegen, Regen.

Digitized by Google

Bekommt man häufig und rasch hintereinander den Ruf des Pirols, aber nicht den bekannten flötenden, sondern einen mehr kreischenden Laut zu hören, so ist gleichfalls Regen zu erwarten.

Der Star gilt bei den Landleuten als Regenvogel, der, wenn er statt seines munteren Pfeifens ein lautes Schrillen hören läßt, nahendes Regenwetter prophezeit. Gehen die Stare schon früh im April ans Brüten, so glauben die Landleute an einen schönen Mai, brüten sie aber erst Ende April oder Anfang Mai, so erwartet man für Mai schlechtes Wetter. Fliegen Stare dicht gedrängt und langsam umher, so ist anhaltendes Regenwetter in Sicht.

Im Rufe guter Wetterpropheten stehen die rabenartigen Vögel nicht nur im Volke, sondern auch bei Ornithologen. So sagt schon Aldrovandi von der Alpendohle, daß ihr Hochflug auf das Zunehmen, ihr niedriges Fliegen auf die Abnahme der Kälte schließen lasse. „Wie fast alle Alpentiere", sagt Friedrich v. Tschudi, „gelten auch die Schneekrähen für Wetterpropheten. Wenn im Frühling noch rauhe Tage eintreten, oder im Herbst die ersten Schneefälle die Hochtalsohle versilbern wollen, steigen diese Krähen scharenweise, bald hell krächzend, bald laut pfeifend in die Tiefe, verschwinden aber merkwürdigerweise sogleich wieder, wenn das Wetter wirklich rauh und schlimm geworden ist." Wenn meine Alpenkrähe, die völlig zahm war, und die ich, ohne ihr die Flügel zu stutzen, frei herumfliegen ließ, von einem Baume herab ihr lautes „Krah" oder sonst eines ihrer paar eingelernten Worte recht häufig hören ließ, dann wußten meine Leute, daß es bald Regenwetter geben werde. Wenn schlechte Witterung, Regen, Schnee, Wind bevorsteht, fliegen die Dohlen in großen Scharen überaus unruhig und dicht über dem Erdboden hin und her. Während die gewöhnliche Stimme des Kolkraben als ein kräftiges tiefes „Krach, krach" oder ein höheres „Kruch" sich anhört, läßt er bei bevorstehendem Regen oder stürmischem Wetter ganz sonderbare, verschiedene Töne hören, die er nur mit der größten Anstrengung herauszubringen scheint, und wobei er nach Naumann am Ende nichts weiter als ein geschwindes, leises „Klacklecklacke" herausbringt. Die Nebelkrähe, die, wenn sie sich recht wohl fühlt, ihr „Kräh" recht lange dehnt oder zur Abwechslung ein quarrendes „Krähorr" zum besten gibt, läßt bei bevorstehender Änderung des Wetters ein sehr hohes „Tlack", „Kluck", ein tiefes „Kolk", „Talk", „Doalk" und noch mehrere ähnliche sonderbare Töne hören. Wenn die Saatkrähen im Sommer bei stillem, warmen Wetter scharenweise hoch in die Höhe sich erheben, daß man sie kaum mehr sehen kann, sich in der Luft eine Weile in fortwährendem Kreisen herumdrehen, um dann plötzlich pfeilschnell, so daß ein sturmartiges Brausen hörbar wird, aus

Digitized by Google

der Höhe herabzustürzen, dann ist dies dem Landmann ein Anzeichen bald sich einstellender starker Winde. Ziehen die Saatkrähen im Winter in großer Menge nach Südwesten, dann ist nach Vater Brehm bald Schnee und große Kälte zu erwarten. Verraten im Winter Raben, Nebelkrähen, Elstern ganz auffällig ihr Wohlbehagen, dann wird die Winterkälte bald dem Tauwetter weichen.

Steigt die Lerche hoch in die Höhe und läßt dabei eifrig ihr Lied hören, so hat man gutes Wetter zu erwarten. Das gilt auch vom Rotkehlchen und von den Schwalben, die durch hohen Flug und fleißiges Gezwitscher gutes Wetter vermelden. Fliegen die Schwalben ganz nahe über dem Boden oder dem Wasserspiegel, so naht schlechtes Wetter.

Wenn die Nachtigall unermüdlich bis zum Morgen hin singt, dann hält das gute Wetter an, hört sie aber schon gegen Mitternacht mit ihrem Gesang auf, so ist Änderung des Wetters zu erwarten.

Sucht der Zaunkönig Erdlöcher auf, so ist das, wie schon die Alten meinten, ein Anzeichen bevorstehenden schlechten Wetters. Nach Aldrovandi läßt lebhaftes Singen und munteres Wesen des Zaunkönigs baldigen Regen erwarten, und nach Wiese meldet sein Singen zur Winterszeit den Eintritt von Kälte an.

Unsere Baumläufer pfeifen an schwülen Frühlingstagen überaus lebhaft, sie rufen nach Gewitterregen.

Verläßliche Wetteranzeiger sind auch manche Spechte. Ich habe Schwarzspechte wiederholt in Gefangenschaft gehalten und mehrere Jahre lang am Leben erhalten. So hatten wir einen Specht lange Zeit im Wiener Vivarium, dessen emsige Zimmerarbeit den Besuchern viel Spaß bereitete. Er zersplitterte in wenigen Wochen gewaltigste Baumäste von oben bis unten, brauchte mehrmals im Jahre ein neues großes Haus, obschon es durch Draht und Blech geschützt war, hieb ziemlich dickes Blech an den Bugstellen bald durch und übte diese seine Vernichtungsarbeit, wenn er einigermaßen in Laune war, coram publico. So wie man ihn bei seiner Zimmerarbeit ganz leicht beobachten konnte, hatte man auch wiederholt Gelegenheit, ihn seinen Lachruf und sein Trommeln exekutieren zu sehen und zu hören. Sowie er aber in öfterer Wiederholung seinen Schrei und sein Trommeln hören ließ, wußten bei uns die Diener schon, daß es einige Stunden später zuverlässig regnen werde, und wurden die Vorkehrungen danach getroffen. Diese Wetteranzeige hat sich in mehr als 60 Beobachtungsfällen nicht ein einziges Mal als unrichtig erwiesen. Der Grünspecht gilt in verschiedensten Gegenden als Regenvogel. Hier im Wiener Walde z. B. heißt er Gießvogel. Sein lautes Geschrei verkündet baldigen Regen. Ich habe diesen Specht in den letzten zehn Jahren fleißig beobachtet und wahrgenommen, daß, wenn Grünspechte

Digitized by Google

außerhalb der Paarungszeit fleißig und anhaltend rufen, Regenwetter in ein oder zwei Tagen sich einstellt. Dann ist er wieder wochenlang still.

Nach Orphal wäre auch der Wiedehopf ein Wetterprophet, der durch sein Schreien Veränderung des Wetters anzeigt.

Auch unter den Raubvögeln soll es Wetteranzeiger geben. Der Hühnerhabicht zeigt baldigen Regen an, wenn er dichtestes Baumgezweige aufsucht und hier sein Gefieder von Ungeziefer säubert. Sieht man Milane in Gemeinschaft fliegen, so steht trockne, heiße Zeit bevor, desgleichen, wenn man während der ganzen Nacht den Uhu rufen hört. Verläßt der Steinkauz ungewöhnlich frühe am Abend seinen Versteck und schreit öfter als sonst, ist Regenwetter zu erwarten.

Fliegt der Fischreiher mit lautem Rufe von den Teichen und Sümpfen fort und läßt sich weit davon auf einem Felde nieder, oder fliegt er hoch in die Höhe empor, dann steht regnerisches und stürmisches Wetter in Aussicht. Steht der Storch mit beiden Füßen im Nest und deckt fürsorglich die Jungen zu, sträubt die Federn und versteckt den Schnabel in dem Gefieder der Brust, dann droht Unwetter, und zwar aus der Weltrichtung, nach welcher der Storch seinen Kopf gerichtet hält.

Bewährte Wetterpropheten sind die Wildgänse und Wildenten. Sieht man Wildgänse bei ganz gelindem Wetter südwärts ziehen, dann darf man innerhalb weniger Tage sicher auf den Eintritt kalten Wetters rechnen; ziehen die Gänse aber nach Norden, so steht, auch wenn es zurzeit gerade recht frostig ist, gelindes Wetter in Aussicht. So war im Jahre 1899 nach L. Buxbaum der ganze Winter sehr gelinde, und auch die ersten Tage des Dezember zeigten noch immer eine Temperatur von + 2 Grad R. Bei solchem Wetter sah man am 3. Dezember die ersten Wildgänse südwärts ziehen. Weitere Ketten wanderten am 4. und 6. Dezember nach. Schon am 8. Dezember sank die Temperatur auf — 6 Grad R und dann weiter bis — 14 Grad R. Am 18. Dezember zogen die Gänse bei — 1 Grad R wieder nach Norden, und am 30. Dezember stieg die Temperatur auf + 4 Grad R, worauf dann Tauwetter eintrat. Dieses gelinde Wetter hielt bis zum 10. Januar 1900 an. An diesem Tage zogen wieder Gänse nach dem Süden, und schon am nächsten Tage lag der Taunus in vollem Schnee und sank die Temperatur auf — 2 Grad R.

Baden unsere Hausgänse und Hausenten in ersichtlicher Aufregung, bei lebhaftem Geschnatter und tauchen viel, so deutet das auf kommenden Wind und Regen. Säubern Hausenten die Federn mit ihrem Schnabel und schlagen dabei heftig mit den Flügeln, so steht baldiger Wind in Aussicht.

Steht Witterungswechsel bevor, so läßt sich die Wasserralle häufiger als sonst hören.

Digitized by Google

Fliegen die Kraniche fortgesetzt in gerader Richtung, so verspricht dies gutes Wetter, schwenken sie aber von der geraden Flugrichtung ab, so kommt bald ungünstiges Wetter. Steht Regenwetter bevor, so schreien die Kraniche besonders viel. Das Männchen ruft ein gedehntes „Kruh", das Weibchen gleich darauf „Krüe", wodurch ein recht klagendes, gedehntes „Kruhkrüe" hörbar wird.

Als Regenverkünder gelten allgemein die Regenpfeifer, welche bevorstehenden Regen durch ihre Unruhe und ihr fleißiges Pfeifen anmelden.

Während der Kibitz für gewöhnlich seicht über den Boden hinstreicht, beginnt er höher zu fliegen, wenn Regenwetter droht, und läßt unaufhörlich seinen fast ängstlichen Regenruf hören.

Finden sich Möwen im Herbste auf Gewässern innerhalb der Städte ein, dann stellt sich meist sehr bald rasches Sturmwetter ein. Besonders der Sturmmöwe (Larus canus) ist stürmisches Wetter so unangenehm, daß sie dem hohen Wellengange entflieht und ferne von der See Landaufenthalt nimmt. Erscheint sie früher als andere Möwen hinter den schützenden Deichen und kommt in Menge in die Marschkögen, so wissen die Leute, daß stürmisches Wetter in Sicht ist.

Läßt die große Rohrdommel in der Nacht ihr brüllend lautes „ü ü prumb-ü prumb-ü prumb" hören oder fliegt sie mit lautem Geschrei herum, so ist gutes Wetter zu erwarten.

Auch der große Brachvogel (Numenius arcuatus) und der Regenbrachvogel (Numenius phaeopus) gelten als Gewitter- und Regenvögel. „Der große Brachvogel," sagt Naumann, „wird vom Landmann für einen Wetterpropheten gehalten, weil er bei bevorstehender Veränderung der Witterung viel herumschwärmt und sich häufiger hören läßt als zu anderen Zeiten. Er tut dies besonders in den Sommermonaten, wenn die Luft drückend und gewitterschwül ist. Gewöhnlich lärmen jedoch die Brachvögel nur dann recht auffallend, wenn der Regen bereits so nahe ist, daß er ohnehin vorauszusehen gewesen wäre. Ob sie sich vor dem Regen fürchten oder darauf freuen, läßt sich schwer erraten, doch glaube ich das letztere, weil der Regen nackte Schnecken, Regenwürmer und dergleichen hervorlockt, die ihnen zur erwünschten Nahrung dienen, und weil dann bei heftigen Güssen auf dem Felde Pfützen zusammenlaufen, in welchen sie gern herumwaten. Sie sind auch bei nicht zu heftigem Regen und bei Gewittern munter und wohlgemut und fürchten das Feuer der Blitze wie das Krachen des Donners, welches anderen scheuen Vögeln oft viele Angst macht, wenig." „Was vom Betragen des großen Brachvogels bei bevorstehender Veränderung des Wetters und bei Regen gesagt würde, gilt auch vom Regenbrachvogel. Daß er bei Gewitterschwüle und kurz vor dem Regen unruhiger ist und mehr schreit

Digitized by Google

als sonst, hat ihm zu seinem Namen verholfen. Er ist aber, während es regnet, sogar schon bei dunstigem, nebligem Wetter niedergeschlagen und achtet dann weniger auf Gefahren, desto regsamer und fröhlicher aber nach eben überstandenem Regen."

Wenn der Wachtelkönig nach seiner Ankunft im Frühjahre sofort die Felder aufsucht, so erwartet der Landmann einen nassen Sommer, nimmt er aber Aufenthalt im Sumpfgebiet, so rechnet er mit einem trocknen Sommer.

Das Schiff gleitet ruhig auf der völlig glatten Meeresfläche dahin. Nichts läßt eine Änderung der schönen Witterung ahnen. Da erscheinen plötzlich kleine Sturmvögel und umkreisen das Schiff. Ihr Erscheinen ist dem Seefahrer ein sicheres Zeichen, daß bald heftige Stürme sich einstellen werden. In Wirklichkeit aber kommen sie meist erst während des Sturmes in die Nähe der das Meer durchsegelnden Schiffe, umkreisen dieselben und begleiten sie weite Strecken zum Verdrusse der Schiffer, die in ihnen Unglückspropheten sehen. Der Schwalbensturmvogel (Procellaria pelagica) kommt nicht bei gutem Wetter, nicht vor dem Sturm, sondern erst wenn der Sturm bereits eine Zeitlang getobt hat und wenn er bei den Schiffen Schutz gegen den Sturm suchen muß. Er hält sich da auf der Leeseite der Schiffe, hinter dem Spiegel derselben, und findet in der Riesenfurche, welche durch das schnell dahinsegelnde Schiff entsteht, seine Nahrung. Auch der Eis-Möwensturmvogel (Fulmarus glacialis) kommt in die Nähe der Ozeanfahrer, umkreist und begleitet sie eine Weile, aber nicht so ausdauernd, wie die Schwalbensturmvögel, und auch nicht, um hinter den Schiffen Schutz und Nahrung zu finden, sondern weil er auf Küchenabfälle rechnet.

Fliegen die Haustauben in großer Zahl ihren Schlägen zu oder hocken sie träge auf dem Dache, so steht Regenwetter bevor, während anhaltend gutes Wetter zu erwarten ist, wenn sie sich behaglich auf dem Dache in der Sonne strecken. Kehren die Wildtauben spät von ihrem Ausfluge auf die Felder zurück, so bringt der nächste Tag Regenwetter.

Sieht man die Haushühner fleißig im Sande sich hudern, so kann man regnerischen und widrigen Wetters sicher sein. Allgemein wird das fleißige Schreien des Pfaues als Regenruf gedeutet. Noch empfänglicher für bevorstehenden Wetterwechsel ist das Perlhuhn, welches schon einen Tag vorher große Unruhe verrät, auf Zäune und Bäume fliegt und seinen grellen Ruf fleißig hören läßt.

Beginnt das Wasserhuhn in rascher Folge fleißig unterzutauchen, so hat man Regen zu erwarten, und sieht man es dann auf der bewegten

Digitized by Google

Wasserfläche ruhig dahinrudern und immer noch häufig tauchen, so kann man auf lange anhaltenden Regen gefaßt sein.

Auch in der kaltblütigen Welt der Kriechtiere und Lurche fehlt es nicht an Wetterpropheten. Wenn Eidechsen und Schlangen aus ihren Schlupfwinkeln nicht hervorkommen, ist Regenwetter in Sicht. Wenn meine Äskulapnattern, die sich tagsüber gern zwischen dem Gestein ihrer Terrarien halten, während des Tages die großen Wassernäpfe aufsuchen und stundenlang, nur den Kopf über Wasser, im Bade bleiben, dann hält die heiße Witterung noch lange an. Sonst nehmen diese Nattern nur vor der Häutung ein Bad. Fleißiges Quaken der Wasserfrösche und Unken in der Sommernacht nimmt der Landmann als Versicherung für Anhalten der schönen Witterung.

Einen ersten Platz unter den Wetterpropheten der Tierwelt nimmt der Laubfrosch ein, der bei vielen auch heute noch als verläßlicher Wetterverkünder gilt. In neuerer Zeit hat man die Empfindlichkeit des Laubfrosches für Wetteränderungen bezüglich ihres Wertes als Wetterprophezeiung in Frage gestellt, ja direkt verneint. „Ich möchte in dieser Richtung," sagte ich anderen Ortes, „nicht beipflichten. Wie die „Bauernregeln" bezüglich des Wetters, so wunderlich sie manchmal klingen, doch gewiß auf altererbte Überlieferungen und Beobachtungen zurückzuführen sind und manches Wahre enthalten, so liegen auch der allgemeinen guten Meinung vom Laubfrosch als Wetterpropheten diesbezügliche Beobachtungen über das Verhalten des Laubfrosches vor Wetteränderungen zugrunde. Die Landbevölkerung hat ja da viel besser Gelegenheit, zu sehen und zu hören. Ohne Frage empfinden alle Lurche bei ihrem Feuchtleben Veränderungen im Luftdruck, in der Temperatur, in der Feuchtigkeit der Atmosphäre viel besser und früher, als wir, und speziell beim Laubfrosch ist ja der Einfluß solcher Luftveränderungen auf seine Färbung nachgewiesen. Es prophezeit also der Laubfrosch eigentlich schon, ohne laut zu werden, im Wege des Farbenwechsels seiner Haut. Wer aber unserem Grünrock in der Gefangenschaft und im Freien fleißige Beachtung schenkt, wird sich der Wahrnehmung nicht entziehen können, daß sein Verhalten bei verschiedener Witterung nicht das gleiche ist, daß sich aus seinem plötzlichen Lautwerden nach langer Stille, aus einer gewissen Unruhe, dann wieder tagelangem Hinbrüten auf einer Stelle, dem Aufsuchen oder Meiden des Wassers Rückschlüsse auf bevorstehenden Witterungswechsel oder zu erwartendes Anhalten der herrschenden Witterung ziehen lassen. Natürlich können solche Wetterprognosen erst auf Basis langjähriger, ununterbrochener Beobachtung sichere Form annehmen. Ich entsinne mich wiederholter Fälle, daß ich, in Gedanken verloren, im Grünen dahinwanderte und mich plötzlich aus

Digitized by Google

dem Laubgrün heraus das Gequake eines Laubfrosches aus meinem Sinnen wachrief; manchmal blieb es bei dem einmaligen Ruf, zuweilen aber ließ sich der Rufer in kurzen Pausen immer wieder hören, und bald antworteten da und dort andere. Am nächsten Morgen war an Stelle der heiteren Windstille des Vortages stürmisches Wetter eingetreten. Die Laubfrösche lassen sich aber auch während wochenlang anhaltender heißer Tage abends fleißig hören; da klingt der Ruf in unseren Ohren wie Klage nach Regen. Ich denke, der Laubfrosch mag ein ganz guter Wetterprophet sein, aber wir verstehen seine Prognosen heute noch nicht zu deuten."

Ich kann aus der Lurchwelt noch einen verläßlichen Wetterpropheten auf Grund eigener Beobachtungen nennen. Wir hatten im Wiener Vivarium einen japanischen Riesensalamander, der im Jahre 1888 etwa einen halben Meter lang war und im Jahre 1896 die Länge von einem Meter erreicht hatte. Er befand sich in einem sehr großen Marmoraquarium und befand sich bei Fütterung mit kleinen Fischen, Kaulquappen und Regenwürmern und zeitweiser Zugabe von langen Fleischstückchen sehr wohl. Wurde nun dieser Schwanzlurch, der sich meist ganz ruhig in einem halbdunkeln Winkel seines Behälters aufhielt, unruhig, kroch er ziemlich lebhaft auf dem Boden des Aquariums umher, um dann plötzlich reichlich Kot und halbverdaute Nahrung abzugeben, so daß das ganze Wasser des Aquariums als trübe Lache erschien, dann wußten die Diener bestimmt, daß innerhalb weniger Stunden schlechte Witterung eintreten werde. Schwarzspecht und Riesensalamander waren so dem Personale zuverlässige Regenanzeiger und Mahner für rechtzeitige Vorkehrungen.

Auch wenn der Feuersalamander seine Verstecke im Walde, in Baumstümpfen und Erdlöchern verläßt und auf dem Waldboden herumkriecht, kann man auf längere Andauer feuchter Witterung rechnen.

Was der Laubfrosch als Wetterprophet unter den Lurchen, ist der Schlammpeitzger oder Wetterfisch unter den Fischen. Auch er steht im Volke im Rufe eines verläßlichen Wetteranzeigers, und wie man sich aus der sonst so verhaßten Lurchwelt den Laubfrosch zum Hausgenossen erwählt hat und ihn in Froschhäuschen hält, hegt man auf dem Lande den Schlammpeitzger in Glashäfen. Nur den Kopf mit den Bartfäden sehen lassend, liegt da der Fisch im Sande vergraben scheinbar ganz teilnahmslos für seine Umgebung. Wirft man aber eine Fliege in das Wasser, dann schnellt der Fisch blitzschnell aus seinem Sandbette in die Höhe und erhascht die Fliege mit solcher Gier, daß er mit ihr auch Schlamm und Sand mit erwischt und nun alle Mühe hat, den Sand und Schlamm wieder auszuwerfen. So ruhig sich der Fisch

Digitized by Google

während schöner Witterung verhält, so erregt und unruhig wird er, wenn ein Wetterwechsel bevorsteht. Stürmisch jagt dann der Wetterfisch in seinem Aquarium herum, bringt alle die anderen Bewohner in Aufregung und wühlt den ganzen Bodensatz auf, so daß das ganze Wasser getrübt wird. Schon 24 Stunden vor Eintritt eines Gewitters stellt sich diese Unruhe des Wetterfisches ein. Gute Beobachter sehen aus diesem Verhalten des Wetterfisches nahendes Gewitter schon voraus, ehe noch das Barometer auf die kommende Wetterveränderung reagiert hat. Ist dann das Gewitter vorüber, dann sucht der Fisch wieder den Schlamm auf und ist wieder beruhigt.

Es gilt auch als Anzeichen kommenden Regens, wenn im stehenden und fließenden Gewässer die Fische über die Oberfläche des Wassers emporzuschnellen beginnen.

Sieht man im Freien die bekannte Wegschnecke und andere Schnecken in großer Zahl herumkriechen, so hat man baldigen Regen zu erwarten. In manchen Gegenden unterziehen spielende Kinder solche herumkriechende Schnecken näherer Besichtigung und deuten, je nachdem die langsam dahinkriechenden verschiedenes Material an ihrem schleimigen Fuße mitschleppen, auf gutes oder schlechtes Wetter. Es heißt dann: Wenn die Schnecke ein grünes Blatt mitführt, es gewiß gut Wetter wird; belädt sie sich mit Grund, tut sie starken Regen kund.

Auch zahlreiche Insekten stehen im Rufe der Wettervorahnung. Wir meinen da nicht die bekannten ersten Maikäfer und Schmetterlinge, wie sie Jahr für Jahr den Redaktionen als Frühlingsboten eingesendet werden und eine periodische Rubrik in den Tagesblättern schaffen.

Da sind einmal die Heuschrecken und Hausgrillen. Verkriechen sich die Heuschrecken unter Blättern oder in hohle Stämme, und bekommt man von den Hausgrillen scharfes Zirpen zu hören, so ist ein baldiger Gewitterregen zu erwarten. Werden allüberall Johanniskäfer mit lebhaftem Glanze sichtbar, werden die Regenbremsen und andere Arten besonders lästig, selbst die Stubenfliegen recht zudringlich, dann steht ein Gewitter in nächster Aussicht. Auf das Treiben dieser Zweiflügler ist wohl auch die Unruhe der Haustiere vor einem Gewitter zurückzuführen. Schwirrt uns auf der Landstraße alle Weile ein Roßkäfer entgegen, tanzen die Mücken und Schwebefliegen in eifrigem Luftreigen auf und ab, so können wir auf anhaltend gutes Wetter rechnen.

Gutes Gefühl für Wetteränderungen haben die Bienen. Steht ein Gewitterregen bevor, so entfernen sie sich, wie schon Aristoteles wußte, nicht weit von ihren Stöcken, suchen in der nächsten Nähe ihres Heims

Digitized by Google

nach Honig und Pollen und kommen nach kurzem Fluge nur halbbeladen wieder zurück. Je näher die Witterungsänderung heranrückt, desto unruhiger, arbeitsfauler, stechlustiger werden sie. Stürzen sie in schwirrendem Fluge und großer Zahl vom Felde nach Hause, dann ist der Gewittersturz unmittelbar bevorstehend.

Auch die *Wespen* werden vor Gewittern unruhig, stechlustig, ganz planlos in ihrem Herumfliegen. Hört man noch in später Dämmerung das Gebrumme der *Hornisse*, so tritt bald schlechtes Wetter ein. Bauen die Wespen unter Dächern oder an anderen, gegen den Regen geschützten Orten, so steht ein regenreicher Sommer bevor, während man einen trockenen Sommer erwarten zu dürfen glaubt, wenn sie ihre Nester frei im Gebüsche errichten.

Stundenlang vor Eintritt regnerischen Wetters flüchten die *Ameisen* in ihren Bau und sieht sich eine Ameisensiedlung wie verlassen an, während emsiges Kommen und Gehen der Ameisen einer Kolonie Anhalten der guten Witterung erwarten läßt. Forstleute und Waldarbeiter wollen aus der Höhe der Ameisenhaufen im Sommer auf die Kälte im Winter schließen. „Hohe Ameisenhaufen im Juli, strenge Kälte im Winter“, heißt es da. Tatsache ist es, daß Haufen der *Waldameise* in einem trockenen und heißen Sommer niedriger, flacher angelegt werden, als in einem feuchten, kühlen Sommer. Je höher und gewölbter die Ameisenhaufen, desto rascher läuft das Regenwasser ab und desto größer ist die Verdunstungsoberfläche und die Heizfläche, während die niedrigen, flachen Hügel den Zweck haben, die Verdunstung möglichst zu beschränken und den heißen Sonnenstrahlen eine möglichst geringe Fläche darzubieten. Unsere *blutrote Raubameise* (Formica sanguinea) hat selten nur einen Bau, sondern legt sich meist zwei bis acht Nester an. Man spricht da von Saisonresidenzen. In der Regel ist ein eigenes Winternest vorhanden, welches im Gebüsch unter den Baumwurzeln angelegt wird, während das Frühlingsnest, das wiederum aus mehreren Einzelnestern bestehen kann, meist frei am Rande des Gebüsches liegt. Im März oder April wandern die Ameisen aus dem Winternest in das Frühlingsnest über. Ist aber der Sommer heiß und trocken, so beziehen die Ameisen ihr Winterquartier schon im Hochsommer, da ihnen hier nicht nur gegen die Kälte, sondern auch gegen die Hitze besserer Schutz geboten ist. Aus solchem periodischen Umzuge mag der gute Beobachter zu Rückschlüssen auf die bevorstehende Witterung gelangen.

Schon bei den Alten standen die *Spinnen* als Wetterpropheten in Ruf. Aus ihrem Verhalten, ob sie fleißig dabei sind, ihre Netze zu errichten, zu erweitern, oder die Spinnarbeit ruhen lassen, ob sie sich in ihre Schlupfwinkel zurückziehen oder aus denselben hervorkommen,

Digitized by Google

will man auf Anhalten oder Veränderung der Witterung schließen. Es deutet auf den Eintritt schlechten Wetters, wenn die Hausspinne sich tief in ihre Winkel zurückzieht und dabei den Hinterleib nach außen gestellt hat, während Besserung des Wetters zu erwarten ist, wenn sie den Kopf nach vorn gerichtet an dem Eingange ihrer Röhre verharrt und die Beine aus der Röhre hervorgestreckt hält. Sieht man die Kreuzspinne damit beschäftigt, abgerissene Fäden ihres Rades zu ersetzen, und lagert sie in lauernder Stellung in der Mitte ihres Rades, so ist gutes Wetter in Aussicht; zerreißt sie aber die Fäden des Netzes und zieht sich dann in einen Versteck zurück, so droht windiges Wetter. Bei allen Spinnen ist es als Zeichen für anhaltende gute Witterung oder Eintritt solchen Wetters zu nehmen, wenn sie in vollem Eifer mit dem Neubaue oder der Ausbesserung ihrer Netze beschäftigt sind, viele lange Grundfäden ziehen und dann in der Mitte ihres Netzes auf Beute harren. Die Kreuzspinne z. B. hat bei dieser Wartestellung jeden ihrer acht Füße auf einen Hauptfaden gestellt. Jedenfalls verraten die Spinnen große Empfindlichkeit gegen Veränderungen im Luftdrucke, im Gleichgewichte und in den Strömungen der Luft und zeigen diesbezüglichen Wechsel schon mehrere Stunden vor dem Eintritt der dadurch verursachten Wetteränderung an. Es ist auch begreiflich, daß jede Spinne mit ihrem Spinnstoffvorrat sparsam umgehen muß und daß eine gut genährte Spinne mehr Spinnstoff zur Verfügung haben wird, als eine schlecht genährte, daß also eine Spinne im Vorgefühle des bevorstehenden Eintrittes windiger Witterung das zwecklose Spinnen eines Netzes unterlassen wird.

Daß auch die Blutegel gegen meteorologische Veränderungen empfindlich sind, konnte ich in diesem Jahre wieder des öfteren wahrnehmen. Mehrere Pferdeblutegel, die ich beim Legen einer Wasserleitung an einen Meter tief unter der Erde vorgefunden hatte, blieben, nachdem ich sie ins Wasser eines kleinen Aquariums gebracht hatte, entweder ruhig auf dem Boden oder bei sehr schönem Wetter zu zwei Drittel ihres Körpers außer dem Wasser, während sie, wenn eine Anderung des Wetters bevorstand, überaus unruhig im Wasser sich herumwarfen und den Körper krampfhafte Windungen ausführen ließen.

Was ist nun von allen diesen hier in Kürze zur Erwähnung gelangten Wetterprophezeiungen verschiedener Tiere zu halten? Haben gewisse Tiere in der Tat ein Vorgefühl für meteorologische Anderungen?

Die wissenschaftliche Meteorologie negiert den Wert aller dieser Wetterprophezeiungen. Und doch kann nicht geleugnet werden, daß Leute, die viel im Freien zu tun haben, der Land- und Forstmann, trotz Thermometer, Hygrometer und Barometer an ihren Wetterregeln, auf-

Digitized by Google

gestellt auf Grund vieljähriger Beobachtung der Tierwelt, festhalten. So ganz haltlos dürften daher manche dieser Wettervorhersagen denn doch nicht sein.

Bei manchen als Wetterpropheten geltenden Tieren haben wir es nicht mit selbst den Wetterwechsel fühlenden Tieren zu tun. Sie werden vielmehr durch andere Tiere zu einem Verhalten veranlaßt, das uns wieder als Wettervorahnung erscheint. Wenn die Weidetiere unruhig werden, so liegt die Ursache hierfür darin, daß verschiedene Stechfliegen vor solchem Wetterwechsel viel zudringlicher werden; wenn die Schwalben vor Eintritt von Regen und Sturm ganz nahe dem Erdboden dahinfliegen und die Fische aus dem Wasser emporschnellen, mag dies damit zusammenhängen, daß die verschiedenen fliegenden Insekten aus der Höhe sich zurückziehen und zum Boden oder in die Nähe des Wasserspiegels herabkommen, und ebenfalls auf die Wettervorempfindung der Insekten läßt sich wahrscheinlich das Herumjagen der Fledermäuse bis in den Morgen hin bei gutem Wetter zurückführen. Mit reichlicherer Fanggelegenheit bei schöner Witterung steht es im ursächlichen Zusammenhange, wenn die Radspinnen abends ihre Netze erweitern, woraus wir dann auf anhaltend schönes Wetter schließen.

Die Untersuchung des Baues verschiedener als Wetterpropheten bekannter Tiere hat tatsächlich ergeben, daß bei manchen dieser Tiere ihre Empfindlichkeit für Veränderungen im Luftdrucke, in der Feuchtigkeit, im Gleichgewichte der Luft, in der Art ihres Baues begründet ist. Man hat bei solchen Tieren überraschende Einrichtungen vorgefunden, die an Präzision unseren besten physikalischen Instrumenten gleichkommen. Es ist da anzunehmen, daß künftige Untersuchungen noch bei einer Reihe von anderen Tieren Organe entdecken werden, deren Funktion die uns heute unerklärliche Vorempfindlichkeit für bevorstehende Witterungsänderungen zuzuschreiben ist.

Der rege Stoffwechsel der Vögel, deren Blutwärme größer ist als bei irgend einem anderen Tiere, macht auch einen starken Luftverbrauch nötig. Dementsprechend zeigt auch der Bau der Vogellunge erhebliche Abänderungen im Vergleiche zu dem Baue der Lunge anderer Wirbeltiere. Den Bronchialästen der Lunge sitzen von Blindsäckchen umgebene Röhrchen, die wie Orgelpfeifen nebeneinander stehen, die sogenannten Lungenpfeifen oder Parabronchien, an. Diese Lungenpfeifen stehen zum Teile auch untereinander in offener Verbindung. Dann reichen große Luftsäcke, Ausstülpungen von Bronchialästen der Lunge, in den Zwischenraum der Furcula (peritracheale Luftsäcke), weiters als Brustsäcke in die vorderen und seitlichen Brustpartien, endlich als Bauchsäcke weit nach hinten zwischen die Eingeweide bis zur Beckengegend

Digitized by Google

der Bauchhöhle. Während die kleineren vorderen Luftsäcke bis in die Luftzellen der Armknochen und der Haut ihre Fortsetzung finden, führen die größeren hinteren Luftsäcke in die Höhlungen der Schenkel- und Beckenknochen. Beim Pelikan und beim Tölpel, ausgezeichnet fliegenden Schwimmvögeln, sind die kleineren vorderen Luftsäcke in der Haut so ausgebreitet, daß die Haut bei der Berührung ein knisterndes Geräusch hören läßt. Schon J. von Madaraß hat der Vermutung Ausdruck gegeben, daß diese Luftsäcke, welche, durch die Bewegungen des Rumpfes und der Extremitäten zusammengepreßt und erweitert, als Ventilatoren der Lunge tätig sind, auch die Aufgabe der direkten Empfindung des Luftdruckes zu erfüllen hätten. Aber auch in anderer Weise erscheinen die Vögel gegen Witterungseinflüsse sehr empfindlich. „Daß die Eindrücke des Gefühlssinns", heißt es bei Naumann, „bei den Vögeln sehr viel stärker auftreten können als bei anderen Tieren und bei Menschen, hat seine Ursache wahrscheinlich in der dichten Federbekleidung fast des ganzen Körpers. So wie jede Konturfeder der Vögel an dem in der Haut steckenden Grundteile mit entsprechend wirkenden Muskelzellen ausgestattet ist, durch welche die Stellung derselben verändert, die schrägliegenden Federn aufgerichtet oder gesträubt werden können, so ist anzunehmen, daß auch eine passive Bewegung der Federn ein gewisses Muskelgefühl und durch Vermittlung der in der Haut sich überall verbreitenden und endigenden Gefühlsnerven ein gewisses Tastgefühl hervorrufen kann, das durch die fast in der ganzen Haut, besonders aber in der Umgebung der Konturfedern, und auch in vielen inneren Teilen des Körpers vorkommenden als Herbstsche Körperchen bezeichneten Terminalkörperchen vermittelt wird." Solche körperliche Einrichtungen befähigen den Vogel, bereits vorhandene, für unser Wahrnehmungsvermögen noch viel zu schwache Anfänge der bevorstehenden Witterung vorzuempfinden.

Bei den nackthäutigen Lurchen, deren drüsen- und nervenreiche, auch für die Atmung wichtige Haut überdies durch wiederholte Häutung um so feinfühliger bleibt, muß uns eine größere Empfindlichkeit gegenüber Veränderungen der Feuchtigkeit und Temperatur der Luft und des Luftdruckes ganz verständlich erscheinen, dies um so mehr als die Lurche als sogenannte Kaltblütler Temperaturschwankungen ihrer Außenumgebung unangenehmer empfinden müssen als die warmblütigen Säugetiere und Vögel. Vielleicht steht auch der sogenannte „sechste Sinn" der Seitenlinien im Dienste des Empfindungsvermögens für Witterungsänderungen. Die im Wasser lebenden Schwanzlurche und die ebenfalls im Wasser lebenden Larven der landlebenden Froschlurche haben nämlich an jeder Leibesseite in Linien angeordnete Seitenorgane.

Auch die Fische haben über die ganze, meist beschuppte Haut aus-

gebreitete, besonders zahlreich an den Barteln, Lippen und Flossen, kuppenförmig über die Epidermis ragende, becherförmige Tastorgane, sogenannte Endknospen, und außerdem in mehreren Reihen am Kopfe und Rumpfe in Rinnen oder Kanälen liegende Sinneshügel der Seitenlinie, welche dem Fische die Bewegungen des Wassers und gewiß auch Veränderungen im Luftdrucke und in der Temperatur mitteilen.

Wir finden bei den Fischen aber noch andere Organe, die für die Atmung und gewiß auch für die Wahrnehmung von Luftdruckveränderungen geeignet sind. Bei zahlreichen Fischen findet sich bekanntlich als Ausstülpung des Darmes ein den Lungen entsprechendes, bei den Lurchfischen auch als Lunge fungierendes Organ, die Schwimmblase. Reichlich mit Luft gefüllte Schwimmblasen, die beim Sinken oder Steigen des Fisches in den Gewässern häufig sehr bedeutenden und plötzlichen Schwankungen des Druckes ausgesetzt sind, unterliegen der Gefahr des Platzens. Die eingehenden Untersuchungen, wie sie Dr. Otto Thilo angestellt hat, haben ergeben, daß an den Schwimmblasen einiger Fischarten eigenartige Vorrichtungen vorhanden sind, die man geradezu mit den Manometern, den Dampfdruckmessern unserer Dampfkessel, vergleichen kann. Wie bei den Dampfkesseln die Manometer haben hier die zu rechter Zeit zu öffnenden Ventile die Gefahr des Platzens abzuwenden. Luftdruckmesser, welche das vordere Ende der Blase mit dem Gehirn verbinden, geben den richtigen Moment zum öffnen an.

Bei den Dampfkesseln benützen wir als Manometer entweder mit einer Flüssigkeit gefüllte Standrohre oder federnde Metallplatten. Beide Arten von Manometern hat Thilo auch bei den Fischen gefunden.

Die Schwimmblase der Heringsarten ist nach der ganzen Lebensweise dieser Meeresfische sehr starken Druckschwankungen ausgesetzt. Sinkt der Fisch rasch von der Wasseroberfläche in die Tiefe, so hat seine Schwimmblase schon in einer Tiefe von 10 Metern einen Wasserdruck von einer Atmosphäre auszuhalten. Sie müßte platzen, wenn nicht ein Ventil rasch für Luftentleerung sorgen würde. Da ist ein Luftdruckmesser sehr am Platze. Sehen wir uns das Standrohr an, wie es z. B. an einem Badeofen angebracht ist. Wie hier bei starker Heizung das Wasser in das Standrohr hinaufgetrieben wird, so wird auch bei dem Luftdruckmesser der Finte (einer Heringsart) der auf die Schwimmblase ausgeübte Luftdruck auf eine Flüssigkeit übertragen, und der Druck der Flüssigkeit gibt dem Gehirn die Druckhöhe in der Schwimmblase an. Die Schwimmblase der Finte und anderer heringsartiger Fische ist an ihrem vorderen Ende in zwei dünne Röhren gegabelt, deren jede zu einer seitlichen Öffnung im Schädel hinzieht, in die Schädelhöhle verläuft und sich dort erweitert. Steigt der Druck in der Schwimmblase,

Digitized by Google

so pflanzt er sich durch die Gabelröhre auf die Gehirnflüssigkeit fort, die ihn auf das Gehirn überträgt. Während aber bei dem Dampfkessel das Standrohr immer fest auf seiner Stelle bleibt und so ein Verschütten des Wassers durch Veränderung der Lage ausgeschlossen erscheint, könnte sich bei dem Fische bei Druckschwankungen und Veränderungen der Lage die Flüssigkeit in der Gabel vermindern und dadurch die Genauigkeit des Luftdruckmessers sehr einbüßen. Das wird nun verhindert, indem der Hohlraum der Schwimmblase vom Hohlraum der Gabel abgeschlossen ist. Beim allmählichen Steigern des Druckes durch Anfüllung der Schwimmblase mit Luft wirkt der Druck auf diese Scheidewand, baucht sie nach oben aus und überträgt so den Druck auf die Flüssigkeit in der Gabel. Die rasche Entleerung der Blase erfolgt durch einen in den After mündenden und hier mit einer Klappe verschlossenen Luftgang.

Bei dem als Wetterprophet schon erwähnten Schlammpeitzger, bei den Karpfen und bei anderen Fischen finden sich Luftdruckmesser, welche den Manometern mit gewellter Platte entsprechen. Ein Manometer mit federnder Metallplatte kommt mit einem Standrohr auf dem Dampfkessel zur Besfestigung. An einer Platte von gewelltem Blech befindet sich ein mit einem Zeigerwerk verbundener Hebel. Bei gesteigertem Druck des Dampfes im Kessel wird die gewellte Blechplatte ausgebaucht, der Heber dadurch in Bewegung gesetzt und der Zeiger entsprechend verschoben. Beim Schlammpeitzger nun finden wir an der von einer knöchernen Hülle umgebenen, im Innern häutigen Schwimmblase zwei auf die Wirbelsäule gestützte Winkelhebel. Jeder Hebel hat an seinem vorderen Ende einen kleinen, mit einem Gelenke an einer Öffnung der Wirbelsäule befestigten Deckel. Füllt sich nun die Schwimmblase stark mit Luft, so breitet ihre Erweiterung die hinteren Hebelenden aus, die vorderen Hebelenden nähern sich einander; die an ihnen befestigten Deckel werden durch elastische Bänder geschlossen und zeigen durch den auf die Flüssigkeit des Rückenmarkes und Gehirnes ausgeübten Druck die Höhe des Luftdruckes in der Schwimmblase an. Ist dieser Druck auf das Gehirn zu stark, dann hilft eine Schutzvorrichtung ab, die dünne Haut zweier ziemlich großer Fenster am Hinterhaupte gibt nach. Entleert die Schwimmblase ihre Luft, dann öffnen sich infolge des Zusammenziehens der Schwimmblase die Deckel wieder.

Bei den Welsen, elektrischen Aalen und dem Schlammpeitzger hat die stark an den Rippen befestigte Schwimmblase eine derbe oder verknöcherte Hülle, während sie bei den Karpfen weit weniger derb und leicht verschiebbar ist, so daß durch Verschiebungen der Schwimmblase der Luftdruckmesser hin und her geschoben werden

Digitized by Google

und seine Genauigkeit leiden könnte. Darum ist hier, ähnlich entsprechenden Zwischengliedern bei Maschinen, zwischen Hebel und Deckel ein drehbarer Knochenstab, der Lenker, eingeschoben, auf den sich seitliche Hebelschwankungen zunächst übertragen, so daß sie nur ganz schwach auf den Deckel gelangen. Während beim Schlammpeitzger der Hebel spitz gegen die Wirbelsäule sich stützt und eigentlich gar keine Achse besitzt und ihm der Lenker fehlt, zeigt der Hebel bei den Karpfen eine lange Achse. Zwischen diesen beiden Kontrasten zeigen sich bei den verschiedenen Fischarten mannigfache Übergangsformen.

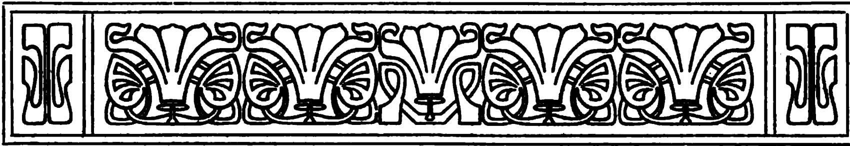
Wenn man so präzis arbeitende Hilfsorgane zur Druckregulierung bei Fischen vorfindet, wird man wohl zugeben müssen, daß verschiedene Fische Wetterveränderungen früher zu empfinden geeignet sind, als wir. Von manchen solchen Organen bei Tieren haben wir vielleicht noch gar keine Ahnung.

Ob nicht auch die Insekten, bei denen wir so lebhaftes Vorgefühl für kommenden Witterungswechsel finden, durch körperliche Einrichtungen für solche Wetterwahrnehmungen befähigt sind, werden künftige Untersuchungen noch zu prüfen haben. Wir wissen ja, daß die Insekten über ein reich ausgebildetes Tracheensystem verfügen, welches durch eigene, mit Schutz- und Verschlußeinrichtungen versehene Spaltöffnungen die Luft aufnimmt. Jede solche Spaltöffnung führt in einen Tracheenstamm, von dem zu den benachbarten Spaltöffnungsästen Querbrücken verlaufen, jede läßt ein Tracheenbüschel an die Haut und die Eingeweide ausstrahlen. Häufig sind auch an den Tracheen blasenförmige, den Luftsäcken der Vögel entsprechende Erweiterungen zu finden. Dazu ist bei den durch mancherlei psychische Fähigkeiten ausgezeichneten Insekten das Nervensystem hoch entwickelt.

Alle diese Tatsachen sprechen dafür, daß man über den im Volke so weit verbreiteten Glauben an das Wettervorahnungsvermögen vieler Tiere nicht einfach zur Tagesordnung übergehen darf und daß weitere Forschungen in dieser Richtung vielleicht manchen dieser Wetterpropheten noch zu Ehren bringen werden. Haltlos freilich sind Wetterprophezeiungen auf Monate voraus, die sich auf das Verhalten gewisser Tiere stützen und daraufhin auf einen langen oder kurzen, milden oder strengen Winter, heißen oder feuchten Sommer schließen wollen.



Digitized by Google



Die Bestimmungen der Entfernungen der Sonne und des Mondes von der Erde und deren Parallaxen einst und jetzt.

Von **Ludwig Günther** in Fürstenwalde.

I.

Betrachtungen über Einst und Jetzt sind auf jedem Gebiete der menschlichen Tätigkeit und des menschlichen Wissens lehrreich, aber auf wenigen wohl zugleich so interessant, wie auf dem Gebiete der Astronomie. Nicht ohne Grund läßt Goethe den Doktor Faust seinem Famulus auf dessen Philosophieren über den „Geist der Zeiten“ und „wie wir's dann zuletzt so herrlich weit gebracht“, sagen: „O ja, bis an die Sterne weit!“ — Die Sehnsucht nach den himmlischen Höhen, der Faust an jenem Ostermorgen so beredten Ausdruck leiht, sie ist ein allgemeinmenschliches Empfinden, und die Unerreichbarkeit des in unendlichen Fernen ausgebreiteten Weltalls reizte den menschlichen Geist von jeher, in diese unbekannten Räume zu schweifen.

Die Sonnenfahrt des Phaeton, der Flug des Ikaros, der Mann im Mond sind solche zu Sagen verdichteten Ausdrücke dieser Sehnsucht. Den alten Völkern fielen zunächst der Mond und die Sonne auf, diese als Beherrscherin des Tages, jener als milder Tröster der Nacht.

Kein Wunder, daß sie bei der frommen Betrachtung der Natur sich eines Gefühls der Ehrfurcht gegenüber diesen Zeichen nicht enthalten konnten und unwillkürlich vorzugsweise dem Dienste dieser beiden Himmelslichter sich widmeten und unter mancherlei Symbolen ihnen ihre Verehrung und Dankbarkeit auszudrücken suchten.

Unter den vielen Problemen, die die Astronomie der Menschheit von jeher zur Lösung bot, hat die Bestimmung der Entfernungen von Sonne und Mond den Gelehrten wohl mit am meisten Kopfzerbrechen gemacht. Es scheint mir deshalb eine dankbare und vielen Freunden der Himmelskunde willkommene Aufgabe zu sein, einmal im Zusammenhange zu zeigen, welchen Gang die Arbeiten genommen haben, bis sie schließlich

Digitized by Google

zu Resultaten führten, die man als vollkommen genau ansehen und „getrost nach Hause tragen" kann. —

Schon die alten Harmoniker suchten nach Anhalten für die Bestimmung der Entfernungen der ihnen am meisten auffallenden Himmelskörper, indem sie gewisse harmonische und arithmetische Zahlenreihen dafür erdachten. Eine der ältesten solcher Reihen, die wir kennen, ist die folgende:

Ist die Entfernung des Mondes	1,	
so ist die der Sonne	2,	
der Venus	3,	
des Merkur	2^2 =	4,
des Mars	2^3 =	8,
des Jupiter	3^2 =	9,
und des Saturn	3^3 =	27.

Wenn auch die alten Griechen sich später bemühten, eine auf wissenschaftlicher Grundlage beruhende Astronomie zu schaffen, so konnten sie doch das Problem der Entfernungsbestimmung der Himmelskörper, speziell von Sonne und Mond, wenig fördern. Denn die Annahmen des Pythagoras (um 600 v. Chr.), daß der Mond 4000 bis 5000 Meilen und die Sonne etwa dreimal so weit von uns entfernt sei[1]), sind, ebenso wie die der Harmoniker, auch für nichts weiter als philosophische Spekulationen zu nehmen. Als wissenschaftliche Forschungen kommen wesentlich erst die Arbeiten der Philosophenschule zu Alexandrien in Betracht.

Diese Zufluchtstätte aller Wissenschaften und Künste wurde zu Alexandrien in Ägypten von König Ptolemäus Philadelphus um 300 v. Chr. gegründet und blühte bis 640 n. Chr., also nahezu ein Jahrtausend. Erst hier wurde mit zweckmäßigen Instrumenten beobachtet und mit Hilfe gründlicher mathematischer Studien eine Lösung der ausstehenden astronomischen Probleme versucht.

Von den bedeutendsten Gelehrten der Alexandrinischen Schule: Aristarch von Samos (um 267 v. Chr.), Hipparch von Nicäa (um 160 bis 125 v. Chr.) und Claudius Ptolemäus (im 2. Jahrhundert n. Chr., etwa 140) interessiert uns zunächst der erstere, und zwar insofern als er auf höchst scharfsinnige Weise versuchte das Verhältnis der Sonnen- und Mondentfernung zu bestimmen.

Aristarch überlegte nämlich so:

Wenn man in dem Dreieck Sonne, Erde, Mond (Fig. 1) zwei Winkel kennt, so wird auch das Verhältnis der Seiten dieses Dreiecks gegeben

[1]) Angaben hierüber finden sich bei Plinius und bei Plutarch.

Digitized by Google

sein, auch ohne eine Seite selbst zu kennen. Wenn man nun den Zeitpunkt wahrnimmt, in welchem der Mond gerade halb erleuchtet erscheint (im I. Viertel), so befindet man sich auf der Erde in der Ebene, die den erleuchteten vom dunklen Teile des Mondes trennt, und der Winkel am Monde EMS wird ein rechter sein. Bestimmt man in diesem Augenblick den Winkel, um den der Mond von der Sonne absteht, d. h. den Elongationswinkel *SEM*, so sind in dem bestehenden rechtwinkligen Dreieck *SME* alle Winkel bekannt. Setzt man die Mondentfernung *EM* = 1 und hat den Elongationswinkel *SEM* zu 87° ermittelt[1]), so ist die Sonnenentfernung *ES*:

$$\cos 87^\circ = \frac{EM}{ES} \quad \text{also } ES = \frac{EM}{\cos 87^\circ}$$

$$= \frac{1}{\cos 87^\circ} = \frac{1}{0{,}0523} \text{ oder } = 19{,}12.$$

Aristarch mußte hieraus schließen, daß die Sonne 19 mal weiter als der Mond von der Erde entfernt sei.

Obwohl theoretisch gegen diese Methode nichts einzuwenden ist, die praktische Ausführung hat doch ihre großen Schattenseiten: Dürfte es schon schwierig sein, die benötigte Konstellation von Sonne, Erde, Mond sicher zu beobachten, so kann ein nur geringer Fehler in der Messung des Elongationswinkels die Richtigkeit des Resultats ganz wesentlich beeinflussen. Hierin lag denn auch der Mißerfolg Aristarchs. Trotzdem ließ er es bei den relativen Werten nicht bewenden, er suchte auch die wirkliche Entfernung des Mondes zu erforschen, um absolute Zahlen für die Sonnenentfernung usw. zu gewinnen. Ich brauche auf die bezüglichen Rech-

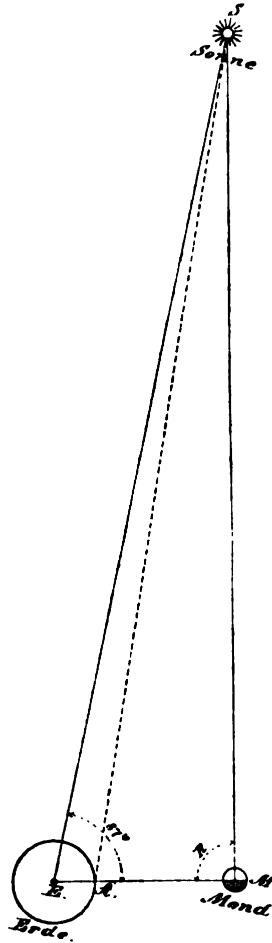


Fig. 1.

[1]) In Wirklichkeit ist dieser Winkel, wie wir weiter unten sehen werden, größer. Selbstverständlich kann man den Winkel *SEM* direkt nicht messen, sondern nur den $\angle SAM$, vom Standpunkt in *A* aus. Aber beide Winkel können einander gleich gesetzt werden, da sie, der großen Entfernung der Objekte wegen, sehr wenig, höchstens 9" von einander verschieden sein können. — Der Einfachheit halber habe ich die Rechnung gleich trigonometrisch geführt. Aristarch, dem die Trigonometrie noch unbekannt war, mußte seine Zuflucht zu mühsamen Annäherungswerten-Berechnungen nehmen.

Digitized by Google

nungen hier nicht einzugehen; es genügt, wenn ich das Resultat gebe: Er fand die Entfernung des Mondes gleich etwa 19 Erdradien, wobei er den Erdradius zu rund 950 unserer heutigen geographischen Meilen rechnete. Danach wäre nach Aristarch die Entfernung des Mondes = 18050 und die der Sonne = ~ 345120 geogr. Meilen.

Wie wenig auch all diese Werte stimmen mögen, immerhin haben sie doch, schon der theoretisch richtigen Methode wegen, ein gewisses historisches Interesse, das dadurch, daß hier zuerst absolute Distanzbestimmungen versucht werden, noch bedeutend erhöht sein dürfte.

Eine ganz neue, indirekte Methode zur Bestimmung der relativen Entfernungen von Sonne und Mond wandte Aristarchs Nachfolger, Hipparch, an. Er fand, daß die Parallaxe[1]) der Sonne (☉) + der Parallaxe des Mondes (☾) gleich dem scheinbaren Halbmesser der Sonne (ρ) + dem scheinbaren Halbmesser des Erdschattens in der Entfernung des Mondes (φ) seien, oder, alle Werte in Bogen ausgedrückt, die Gleichung:

$$\odot + ☾ = \rho + \varphi \quad \ldots\ldots \quad (I)$$

bestehen müsse.

Die Richtigkeit dieser Gleichung erhellt aus Fig. 2, denn $\angle \odot$ und $\angle$ ☾ sowohl als $\angle \rho$ und $\angle \varphi$ ergänzen ein und denselben Winkel $S_1 EM_1$ zu 180°, folglich muß die Summe beider Winkelpaare gleich sein, wie oben angegeben.

Arithmetisch stellt der Beweis sich so dar:

$\angle \odot + \angle ☾ + \angle S_1 EM_1 = 180^\circ$, als Summe der drei Winkel im $\triangle S_1 EM_1$

$\angle \rho + \angle \varphi + \angle S_1 EM_1 = 180^\circ$, weil die Schenkel der beiden äußeren Winkel eine gerade Linie SEM bilden.

$\angle \odot + \angle ☾ = 180^\circ - \angle S_1 EM_1$

$\angle \rho + \angle \varphi = 180^\circ - \angle S_1 EM_1$

in letzteren beiden Gleichungen sind zwei Größen einer dritten gleich, folglich sind sie auch untereinander gleich und demnach:

$$\angle \odot + \angle ☾ = \angle \rho + \angle \varphi.$$

Der Wert für ρ war Hipparch von Aristarch überkommen, der, vermutlich nach Archimedes, den scheinbaren Durchmesser der Sonne zu 30′ bestimmt hatte. Hipparch nahm dementsprechend (ρ) = 15′ an. Ferner setzte er die Mondparallaxe (also ☾), entsprechend des von Aristarch ermittelten Verhältnisses der Entfernungen der Sonne und

[1]) Unter Parallaxe versteht man allgemein die Änderung des scheinbaren Ortes eines Gegenstandes bei Betrachtung von zwei verschiedenen Punkten aus, gemessen durch den Winkel, den die von dem Gegenstand nach beiden Beobachtungspunkten gezogenen geraden Linien einschließen. Die Parallaxe eines Gestirns wird also derjenige Winkel sein, unter dem man von diesem Gestirn aus den Halbmesser der Erde sehen würde. —

Digitized by Google

des Mondes von $19_{,12}:1$, gleich $19 \times \odot$, also 19mal so groß als die Sonnenparallaxe. . . . . . .

Endlich wußte er, daß der Mond, der sich täglich um etwa 51^m (Zeitminuten) = 765' (Bogenminuten) verspätete, bei einer totalen Mondfinsternis etwa $2{,}5^h$ (Stunden) brauchte, um durch den Schatten der Erde zu gelangen. Aus diesem Umstande entnahm er, daß sich der Mond täglich um soviel auf seiner Bahn um die Erde weiterbewegt. Dies als richtig angenommen, beschreibt der Mond in $2{,}5^h$ der Zeit, die er gebraucht, um von M_1 über M nach M_{II} (Fig. 2) zu gelangen

$$\frac{765 \cdot 5}{24 \cdot 2} = 80',$$

folglich ist der $\angle \varphi$ oder der scheinbare Halbmesser des Erdschattens in der Monddistanz

$$= \frac{80}{2} = 40'.$$

Setzt man nun die für ρ, ☾ und φ ermittelten Werte in die Gleichung (I) ein, so erhält man:

$$\odot + 19 \cdot \odot = 15' + 40'$$
$$= 20\ \odot = 55' \text{ und demnach}$$
$$\odot \text{ Sonnenparallaxe } \ldots\ldots = 2'{,}75$$
$$\text{und ☾ Mondparallaxe} = 2{,}75 \cdot 19 = 52'{,}25$$

Die weiteren Maße sind nun, Erdradius = 1 genommen, leicht zu berechnen, wenn man die Trigonometrie zu Hilfe nimmt:

In Anbetracht der Fig. 2 hat man:

1. für die Entfernung der Sonne von der Erde

$$S_1E = \frac{EE_1}{\sin \odot} = \frac{1}{\sin 2'45''} = \ldots\ldots\ldots\ 1250r;$$ [1]

2. für die Entfernung des Mondes von der Erde

$$EM_1 = \frac{EE_1}{\sin ☾} = \frac{1}{\sin 52'15''} = \ldots\ldots\ldots\ 65{,}8r,$$

(Verhältnis beider: 19 : 1)

3. für den Halbmesser der Sonne

$$SS_1 = SE \cdot \sin \rho = 1250 \cdot \sin 15' = \ldots\ldots\ 5{,}46r;$$

4. für den Halbmesser des Mondes (scheinbarer Halbmesser des Mondes gleich dem der Sonne angenommen, also = ρ = 15')

$$\text{Mondhalbmesser} = EM_1 \cdot \sin \rho = 65{,}8 \cdot \sin 15' = \ldots\ 0{,}287r.$$

Zum Vergleich setze ich hier die Ergebnisse der neueren Forschung für obige Werte her:

Scheinbarerer Halbmesser der Sonne . . . . 16',0;
Wirklicher Halbmesser der Sonne 109,2r;

---

[1] $\frac{1}{\sin 2'45''} = \frac{\log 0{,}0}{6{,}90306}$; $\log 3{,}09694 = 1250.$

Bei den Berechnungen ist der Erdradius r = 1 gesetzt.

Digitized by Google

Parallaxe der Sonne	8″,80;
Entfernung der Sonne von der Erde	23480 r;
Scheinbarer Halbmesser des Mondes	15′,535;
Wirklicher Halbmesser des Mondes	0,273 r;
Parallaxe des Mondes	57′,045;
Entfernung des Mondes von der Erde	60,4 r.

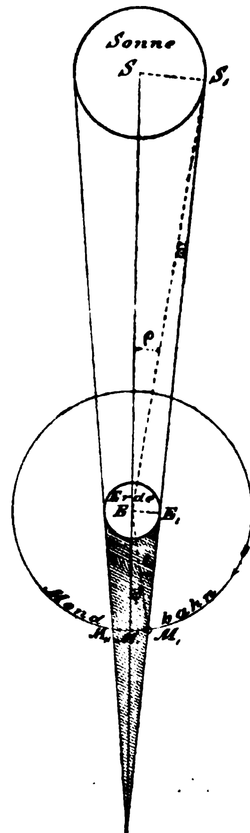


Fig. 2.

Wie man sieht, stimmen nur die Zahlenangaben für den Mond einigermaßen mit den tatsächlichen Verhältnissen überein, während die für die Sonne ganz beträchtlich abweichen. Es hat dies seine Ursache in der schon beregten Unrichtigkeit des Verhältnisses der Mond- zur Sonnenentfernung 1:19.

Der geschichtlichen Vollständigkeit wegen will ich nicht unterlassen, zu bemerken, daß Posidonius, ein Nachfolger des Hipparch, der im letzten Jahrhundert v. Chr. seine Berechnungen anstellte, die Sonnendistanz zu 13100 r, die des Mondes zu 52,4 r und die daraus folgenden Parallaxen zu 15″,6 beziehungsweise 65′,9 bestimmt haben soll. Erstere Resultate würden einen gewissen Fortschritt, letztere dagegen einen erheblichen Rückschritt gegenüber Hipparch ausmachen.

Mit der neuen Ära beginnt eine lange Zeit einer im wesentlichen unfruchtbaren Forschung auf unserem Gebiete. Zwar versucht Ptolemäus die Mondparallaxe durch direkte Messung der Zenitdistanzen zu ermitteln, zu welchem Zweck er ein besonderes, neues Meßinstrument, das sogenannte Triquetrum[1]) herstellt, auch macht er Versuche, an einer Mondfinsternis, und zwar durch den Erdschatten auf der Mondscheibe, die Parallaxe der Sonne zu bestimmen; allein alles ohne eigentlichen Erfolg, ja mit Mißerfolg, denn er fand die Parallaxe der Sonne zu 2′5″, also etwa 15 mal zu groß.

[1]) Ein parallaktisches Lineal, dem Prinzip nach unserm Kreissektor (Spiegelsextanten) ähnlich. Der Beobachter wird durch dieses Instrument in den Stand gesetzt, Scheitelabstände direkt zu messen, während die Armillarsphäre nur Rektaszensionen und Deklinationen gibt. Wolf bringt über dieses Meßinstrument, seine Konstruktion und Theorie sehr ausführliche Auskunft. Siehe Wolf, „Geschichte der Astronomie“ S. 125 ff.

Digitized by Google

Um die Mitte des VIII. Jahrhunderts erblühten in Arabien die Wissenschaften unter dem Schutze der Kalifen in Bagdad aufs neue. Die Araber haben zwar durch ihre Übersetzungen und Bearbeitungen, namentlich des Almagest des Ptolemäus, vieles von dem, was das Altertum geschaffen, uns erhalten, indessen in bezug auf Parallaxenbestimmungen auch nichts Neues geleistet. So blieb man bis weit über Regiomontan (1436 bis 1476) hinaus in dieser Beziehung im wesentlichen auf dem Standpunkt des Hipparch stehen. Mit den Aristarch Hipparchschen Resultaten begnügten sich auch noch die Astronomen des ganzen XVI. Jahrhunderts; es geschah zu einer Neubestimmung, namentlich gegenüber der Sonnenparallaxe nichts, man vernachlässigte sie entweder oder führte sie in der rohen Abrundung des Hipparchschen Wertes mit 3′ zum Nachteil der astronomischen Rechnungen ein.

Erst im Anfang des XVII. Jahrhunderts wurde auf Anregung Keplers eine Neubestimmung vorgenommen. Kepler (1571 bis 1630) lehrte die scheinbare Größe von Sonne und Mond und die Größe ihrer Finsternisse in einer von ihm verbesserten Camera obscura, oder besser Dunkelkammer[1]), bestimmen und entwickelte die Grundzüge einer der heutigen sich nähernden Parallaxenrechnung. Gottfried Wendelin (1580 bis 1643) unternahm daraufhin eine Revision der Aristarchschen Bestimmung, indem er auf der Insel Majorka im mittelländischen Meer unter Anwendung eines mit Fernrohr versehenen Winkelinstruments den Elongationswinkel *SEM* (Fig. 1) zur Zeit des Mondviertels direkt maß und für denselben 89° 45′ fand. Hierdurch änderte sich das Verhältnis der Mondentfernung zur Sonnenentfernung zu

$$\cos 89^\circ 45' = \sim 1:229.$$

Das ist ein, wenn auch noch von der Wirklichkeit sehr entferntes, doch immerhin alle bisherigen weit überragendes Resultat.

Man ersieht zugleich hieraus, wie enorm die Entfernung wächst bei nur ganz minimaler Zunahme des Elongationswinkels, wie genau letzterer also überhaupt gemessen werden muß, um ein sicheres Resultat zu erzielen.

---

[1]) Diese Dunkelkammer benutzte Kepler häufig bei seinen Beobachtungen, weil er, seiner schwachen Augen wegen, starke Lichteindrücke vermeiden mußte. Bei einer solchen Gelegenheit sah er (wenn man von einer nicht sicher verbürgten ähnlichen Beobachtung im Mittelalter, um 807, absieht), obwohl unbewußt als überhaupt erster am 18. Mai 1607 einen Sonnenfleck. Er hielt ihn für den vor der Sonnenscheibe vorübergehenden Merkur. Siehe darüber Keplers Schrift: „Mercurius in Sole" (K. O. O. II, S. 793 ff.), worin er das Phänomen und auch die Dunkelkammer beschreibt. —

Digitized by Google

Führt man nun diesen neuen Wert in die Hipparchsche Gleichung (I) ein, so erhält man

für die Sonnenparallaxe $\odot + 229{,}18 . \odot = 15' + 40'$
$= 230{,}18\ \odot = 55'$; $\odot = \ldots\ldots\ldots\ 14'',34$;
und Mondparallaxe $☾ = 14''34 . 229{,}18 = \ldots\ldots\ 55'$;

und weiter

1. für die Entfernung der Sonne von der Erde

$$S_1E = \frac{EE_1}{\sin \odot} = \frac{1}{\sin 14'',34} = \ldots\ldots\ldots\ 14398{,}2\,r;$$

2. für die Entfernung des Mondes von der Erde

$$EM_1 = \frac{EE_1}{\sin ☾} = \frac{1}{\sin 55'} = \ldots\ldots\ldots\ 62{,}5\,r;$$

(beide Entfernungen: 230 : 1.)

3. für den Halbmesser der Sonne

$SS_1 = S_1E' . \sin \rho = 14398{,}2 . \sin 15' = \ldots\ldots\ 62{,}8\,r.$

und endlich

4. für den Halbmesser des Mondes

Mondhalbmesser $= EM_1 . \sin \rho = 62{,}5 . \sin 15' = \ldots\ 0{,}273\,r.$

Die Resultate stimmen weit besser als die bisherigen; besonders die auf den Mond bezüglichen sind sehr annehmbar. Vgl. die weiter oben gegebenen modernen Werte. —

Ein neues Verfahren, wonach auf Grund einer auf der Erde gewählten großen Basis eine Parallaxenbestimmung vorgeschlagen wurde, scheiterte in der Ausführung wohl hauptsächlich an den damals noch ungenauen Erdgradmessungen und Ortsbestimmungen. Es lagen zu der Zeit die Gradmessungen von Snellius (1615), Norwood (1633) und Riccioli-Grimaldi (1645) vor, welche, alle nach verschiedenen Methoden ausgeführt, doch immer nur als beachtenswerte Näherungszahlen angesehen werden konnten. Erst nachdem Picard 1669 seine Gradmessung vollendet hatte[1]), konnte man darangehen, dem beregten Verfahren näherzutreten. Die älteste Arbeit hiernach ist die von Jean Richer und Dominique Cassini im Auftrage der Pariser Akademie der Wissenschaften in den Jahren 1671 bis 1673 ausgeführte, wobei Richer in Cayenne und Cassini in Paris beobachtete, also in einem ungefähren Abstand von 8000 km. Auf das Verfahren selbst komme ich nachher noch zurück und will hier nur vorweg erwähnen, daß nicht die Sonne direkt, sondern der Mars nebst dem benachbarten Stern ψ^1 Aquarii von beiden Standpunkten aus gleichzeitig beobachtet wurden, aus deren ge-

[1]) Snellius berechnete nach seiner Gradmessung den Erddurchmesser zu 12300 km, Norwood zu 12800 km und Riçcioli-Grimaldi zu 13900 km. Norwood kam der Wirklichkeit (12733) am nächsten — Picard bestimmte die Länge eines Erdgrades zu 342175 par. Fuß, das ist für den Erddurchmesser 12742 km. —

Digitized by Google

messenen Zenithdistanzen die Marsparallaxe zu 25″,33 ermittelt und sodann aus dem damals schon bekannten Entfernungsverhältnis beider Gestirne 1:0,372 die Sonnenparallaxe zu 9″,424 gefunden wurde.

Nach gleichem Verfahren wurde ferner um die Mitte des XVIII. Jahrhunderts von Lacaille und Lalande auf den Standpunkten Kap der

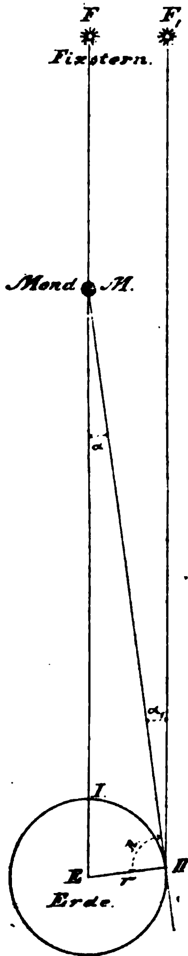


Fig. 3.

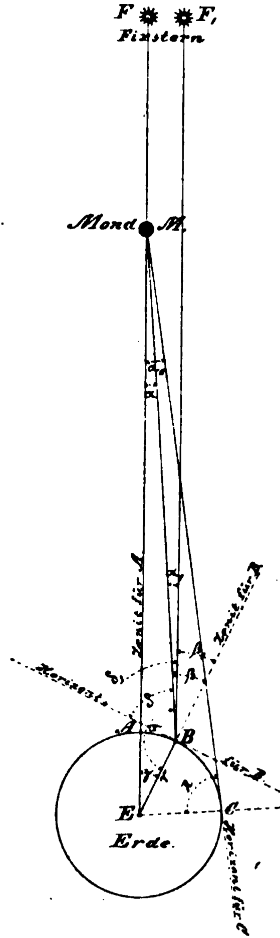


Fig. 4.

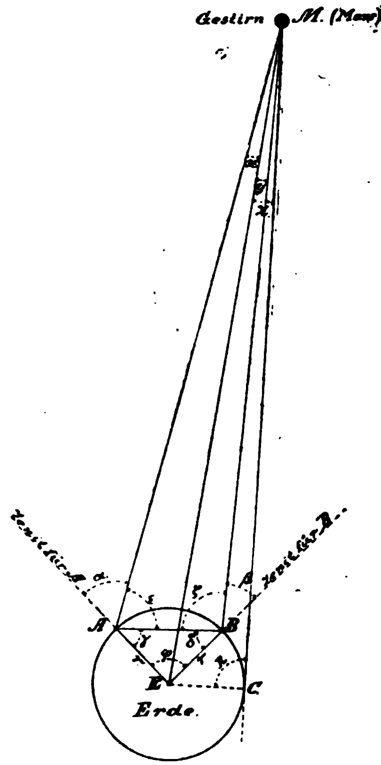


Fig. 5.

guten Hoffnung und Berlin, deren direkte Entfernung ca. 10000 km beträgt, operiert und besonders Mond, Mars und Venus beobachtet. Die Mondparallaxe wurde dabei zu 57′5″ im Mittel gemessen, woraus für den Durchmesser des Mondes 3458 km = 466 geographische Meilen und für seine mittlere Entfernung von der Erde 384356 km = 51800 geographische

Digitized by Google

Meilen folgten. Alles ganz wesentlich bessere Ergebnisse als die von Wendelin.

Aber zu endgültigen Resultaten konnte auch diese Messungsmethode, wenngleich an sich theoretisch ebenfalls vollkommen einwandsfrei, nicht führen, weil es dabei auch auf Messung sehr kleiner Winkel mit exakter Schärfe ankam. Wenn man bedenkt, daß ein Mehr oder Weniger bei der Sonnenparallaxe von nur 0,″01 schon eine Distanzänderung von ca. 23000 geographischen Meilen hervorruft, so erkennt man leicht die Unsicherheit solcher Berechnungsmethoden, die auf Messung sehr kleiner Winkel beruhen.

Um einen Einblick in die Theorie dieses neuen Verfahrens zur Parallaxenbestimmung zu gewinnen, wollen wir sie zunächst anwenden auf die Bestimmung der Entfernung des Mondes von der Erde bei bekannter Parallaxe. In Fig. 3 ist also die Entfernung des Mondes ME aus dem Erdhalbmesser r und der Mondparallaxe α zu bestimmen. Während ein Feldmesser mit Leichtigkeit die beiden Winkel MEII und MIIE an einer Basis r auf der Erde messen kann, wodurch er dann den Winkel α beim unzugänglichen Objekte $= 180 - (\angle ME\text{II} + \angle M\text{II}E)$ findet, ist dies natürlich beim Monde nicht auszuführen. Hier muß man den Parallaxenwinkel anderweitig zu bestimmen suchen.

Wenn nun ein Beobachter (I) den Mond im Zenith sieht und gleichzeitig einen Fixstern F in der Mondvisur beobachtet, so wird ein zweiter Beobachter (II), der zur selben Zeit den Mond im Horizont sehen will, sich um 90°, also um einen Erdquadranten von (I) entfernen müssen; er wird dann den Fixstern F in F_I wahrnehmen, d. h. wegen seiner nahezu unendlichen Entfernung in einer der ursprünglichen Richtung IF parallelen Visur IIF_I, so daß in diesem Falle die Höhe des Fixsterns $F = \angle \alpha_1 = \angle \alpha$ den Parallaxenwinkel des Mondes unmittelbar ergibt. Hat man $\angle \alpha$, so ist in dem rechtwinkligen Dreieck MIIE

$$\sin \alpha = \frac{r}{EM} \text{ und daher } EM = \frac{r}{\sin \alpha}.$$

Nehmen wir den modernen Wert für die Parallaxe $\alpha = 0^0{,}95075 = 57'{,}045$ oder $57'2'',7$, so ist.

$$EM = \frac{1}{\sin 57'2,''7} = 60{,}4\ r.$$

Natürlich ist, wie ohne weiteres einzusehen, die Aufgabe so praktisch nicht auszuführen, vielmehr nur als eine theoretische zu betrachten. Indessen läßt sich mit geringen Abänderungen das Verfahren auch anwenden, wenn die Standpunkte I und II nicht um 90°, sondern um weniger von einander abstehen. Im Standpunkt A (Fig. 4) werden

Digitized by Google

wieder Mond *M* und Fixstern *F* im Zenith gesehen, im Standpunkt *B*, der um den Winkel γ von *A* abstehen möge, werden die Höhenwinkel δ und δ_1 und (zur Ausgleichung) die Zenithdistanzen β und β_1 des Mondes und des Fixsterns gleichzeitig mit dem Zenithstande des Mondes in *A* gemessen, wodurch man den $\angle \alpha_1 = \delta_1 - \delta$ oder $= \beta - \beta_1$ erhält. Da nun $\angle \alpha_1 = \angle \alpha$ ist als Wechselwinkel zwischen Parallelen, so kennt man in dem ebenen Dreieck *EMB* alle drei Winkel, nämlich $\angle \alpha = \delta_1 - \delta$, $\angle \sigma = 90^0 + \delta$ und $\angle \gamma = 180^0 - (\alpha + \sigma)$.

Nimmt man noch den Erdhalbmesser *r* als bekannt an, so hat man, da sich in jedem Dreieck die Seiten wie die sin der gegenüberliegenden Winkel verhalten:

$$r : \sin \alpha = EM : \sin \sigma, \text{ demnach}$$
$$EM \sin \alpha = r \sin \sigma$$

also für die Entfernung des Mondes:

$$EM = \frac{r \sin \sigma}{\sin \alpha}.$$

Der Winkel α ist aber keineswegs die Horizontalparallaxe des Mondes, sondern die sogenannte Höhenparallaxe für den Erdpunkt *B*. Man kann aber, ohne einen praktischen Fehler zu begehen, die Horizontalparallaxe aus der Höhenparallaxe leicht berechnen und umgekehrt die Höhenparallaxe aus der Horizontalparallaxe α_{11}.

Ist nämlich α die Höhen-Parallaxe eines Gestirns über einem Standorte *B* auf der Erde, δ die Höhe des Gestirns über dem Standort *B* und α_{11} die Horizontal-Parallaxe des Gestirns, so ist:

$$\sin \alpha = \sin \alpha_{11} \cos \delta \text{ und folglich:}$$

$$\sin \alpha_{11} = \frac{\sin \alpha}{\cos \delta} \text{ [1]}$$

Diese mehr theoretischen Erörterungen vorausgeschickt, möchte ich nun noch mit einigen Worten auf das Verfahren selbst zurückkommen.

In Fig. 5 seien *A* und *B* zwei auf einem und demselben Meridian der Erde belegene Standpunkte, die möglichst weit von einander entfernt liegen und deren geographische Breiten genau bekannt sind. Mißt man nun die Zenithdistanzen α und β eines Gestirns *M*, z. B. des Mars, für die Standorte *A* und B in dem Moment, wo das Gestirn durch denselben Meridian geht, wo also die Standorte *A* und *B* mit dem Erdmittelpunkte *E* und dem Gestirn *M* in einer Ebene liegen, so kann man die Entfernung des Gestirns *M* von der Erde und die Parallaxe des Gestirns auf trigonometrischem Wege leicht berechnen.

---

[1]) Für die in der Trigonometrie bewanderten Leser ist die Formel, auch ohne Kommentar, ohne weiteres verständlich.

Digitized by Google

Der Berechnungsgang ist kurz folgender:

$$\text{Erdradius} = r$$

$$\text{Breitendifferenz von A und B} = \angle \varphi$$

$$\angle \gamma = \angle \delta = \frac{180^0 - \varphi}{2} = 90^0 - {}^1/_2\, \varphi$$

$$\text{Entfernung A B} = 2\, r \cdot \sin {}^1/_2\, \varphi$$

$$\text{Zenithdistanz des Gestirns M in A} = \angle \alpha$$

$$\text{Zenithdistanz des Gestirns M in B} = \angle \beta$$

$$\angle \varepsilon = 180^0 - (\alpha + \gamma)$$

$$\angle \zeta = 180^0 - (\beta + \delta)$$

$$\angle x + y = 180^0 - (\varepsilon + \zeta)$$

$$\text{Seite AM} = \frac{\text{AB} \sin \zeta}{\sin (x + y)} = \frac{\text{AB} \sin \zeta}{\sin (\varepsilon + \zeta)}$$

$$\text{Entfernung EM} = \frac{r \sin (\varepsilon + \gamma)}{\sin x},$$

wozu der $\angle x$ vorher aus $\triangle$ *EMA*, aus AE = *r*, *AM* und dem eingeschlossenen $\angle$ *EAM* = $\varepsilon + \gamma$ zu berechnen ist;

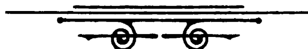
endlich erfolgt Parallaxe z des Gestirns

$$\sin z = \frac{r}{\text{EM}}.$$

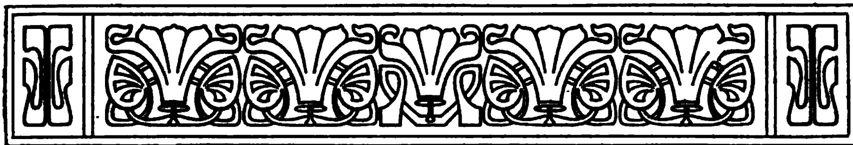
In obigem Falle ist angenommen worden, daß die Beobachtungsorte mit dem Erdmittelpunkte und dem zu beobachtenden Gestirn in einer Ebene liegen. Dies trifft in der Praxis nicht immer oder nur annähernd zu Es leuchtet jedoch ein, daß auch ohne diese Bedingung die Aufgabe, wenn auch unter schwierigeren und umfangreicheren Berechnungen, zu lösen ist. Da weitere Erörterungen hierüber indessen nicht in dem engen Rahmen einer gemeinverständlichen Darstellung liegen können, so unterlasse ich solche hier; es war mir in der Hauptsache nur darum zu tun, die Methode zu zeigen und in das Wesen der Verfahren einzuführen, deren Richer, Cassini, Lalande und andere zur Erfüllung ihrer wissenschaftlichen Missionen benötigten.

Die Astronomen der neueren Zeit allerdings gaben sich mit den erzielten Resultaten nicht zufrieden, sie suchten und fanden noch genauere, zuverlässigere Verfahren, besonders zur Bestimmung der Sonnenparallaxe und der hieraus abzuleitenden Entfernung der Erde von der Sonne. Das Wesen dieser Methoden, die sich besonders auf die Vorübergänge der inneren Planeten, vorzugsweise der Venus, vor der Sonnenscheibe gründen, soll ein zweiter Artikel behandeln.

(Schluß folgt.)



Digitized by Google



Weitere Beiträge zum Klima der Riviera.

Von Prof. Dr. C. **Koppe** in Königstein (Taunus).

Zu der Veröffentlichung im April-Hefte dieser Zeitschrift: „Die relative Feuchtigkeit der Luft an der Riviera" habe ich mehrere interessante Zuschriften erhalten, infolge derer ich einige ergänzende Bemerkungen meinen früheren Ausführungen noch beifügen zu sollen glaube. Herr Dr. med. Enderlin, seit längeren Jahren Kurarzt in Ospedaletti, sandte mir freundlichst seine im Jahre 1906 bei F. Schuler in Chur erschienene Abhandlung: „Ospedaletti Ligure, Riviera, Klimatologische Beobachtungen und Erfahrungen", welche sich auf Grund „mehrjähriger exakter meteorologischer Beobachtungen" eingehender mit dem Klima Ospedalettis beschäftigt, in mehrfacher Hinsicht interessant und wertvoll ist, mir aber seither unbekannt geblieben war. Dr. Enderlin behandelt in fünf Abschnitten die Temperatur, die Winde, den Sonnenschein, die Luftfeuchtigkeit und Niederschläge, den Luftdruck, sowie die hygienischen und allgemeinen Bodenverhältnisse Ospedalettis und faßt das allgemeine Ergebnis seiner Beobachtungen und Untersuchungen in folgenden Worten zusammen: „Wir können das Klima von Ospedaletti bezeichnen als ein außerordentlich gleichmäßig warmes, trocknes, mit viel Sonnenschein, geringen Niederschlägen und mäßigen Schwankungen des Luftdruckes, das zum Teil die Vorzüge des alpinen Klimas (hohes Sättigungsdefizit der Luftfeuchtigkeit und starke Besonnung) mit denen des Seeklimas (Gleichmäßigkeit der Temperaturen) in ausgezeichneter Weise in sich vereinigt."

In meiner obenerwähnten Veröffentlichung hatte ich an Hand der meteorologischen Beobachtungen in Ospedaletti und Genua auf die große relative Trockenheit der Luft an der Riviera in den Wintermonaten, namentlich im Januar, hingewiesen, und die Erklärung des Cav. Palazzo, Direktors des Central-Observatoriums für Meteorologie in Rom, mitgeteilt, nach welcher diese geringe relative Feuchtigkeit der

Digitized by Google

Luft auf einer „Föhn - Wirkung“ der vom Norden über den Apennin kommenden Winde beruht, aber dabei bemerken zu müssen geglaubt, daß die physiologische Wirkung dieser Winde eine ganz verschiedene, ja geradezu entgegengesetzte von derjenigen des „Schweizer Föhns“ ist. Dr. Enderlin führt in dieser Hinsicht im zweiten Abschnitte über die Winde weiter folgendes aus. Ein der Riviera eigentümlicher Wind wird in meteorologischen Lehrbüchern als „Riviera-Föhn“ bezeichnet, indem man ihn, gleich dem Föhn in den Alpen, als einen Fallwind betrachtet, der sich bei raschem Abfall aus bedeutenden Höhen durch Kompression stärker erwärmt, als die normale Zunahme der Temperatur beträgt, nämlich ca. 1° Zunahme beim Herabsteigen von 100 Metern. Der Riviera-Föhn wäre demnach ein Wind, der vom Norden her über die Apenninen und Seealpen kommt und beim Abfallen zum Becken des mittelländischen Meeres sich erwärmt. Nun haben wir allerdings hier und da einen warmen Nordostwind (auf den wir noch später zu sprechen kommen werden), aber weit häufiger sind die Winde, die über den Apennin kommen, kalt, namentlich während der eigentlichen Wintermonate Dezember, Januar und Februar. Sie bringen uns stärkere Temperaturabfälle bei trockenem, heiterem Wetter und hohem Barometerstand. Die Bewohner der Riviera nennen diese kalten Nordwinde „Tramontana“. Sie treten dann auf, wenn nordwärts der Apeninnen große Kälte mit hohem Barometerstand besteht, während über dem stärker erwärmten Becken des mittelländischen Meeres ein geringerer Luftdruck herrscht.

Ein interessantes Beispiel der Entstehungsweise der Tramontana brachte der Monat Februar 1905. Vom 12.—14. Februar herrschte auf der Gotthardpaßhöhe ein orkanartiger Nordsturm mit Temperaturabsturz auf —22°, der am 14. in Mailand Schneefall mit starker Temperaturerniedrigung verursachte. In Ospedaletti war auch am 14. starker Temperaturabfall von 11°, am 13. auf 6,25° bei heftigem Nordost.

Je größer die Temperaturdifferenz, desto stärker die Tramontana. Bei geringerer Differenz ist die Tramontana schwächer und wärmer. Diese Nordwinde haben zur Bucht von Ospedaletti keinen direkten Zugang; meist gehen sie hoch darüber weg und stürzen sich in ziemlicher Entfernung vom Lande aufs Meer. Wir sehen manchmal schon abends oder während der Nacht und morgens in der Höhe die Wolken mit bedeutender Geschwindigkeit südwärts streichen und weit draußen auf dem Meere weiße Schaumkronen. Im Laufe des Vormittags dreht sich der Wind von Norden nach Osten und dann noch weiter nach Südosten. Die weißen Schaumkronen kommen dem Lande näher, die eben noch ganz glatte Oberfläche des Meeres in der

Digitized by Google

Bucht fängt an sich zu kräuseln, und gegen Mittag dringt dann der Wind von Südosten her mit wechselnder Kraft in die Bucht ein. Aber schon nach einigen Stunden dreht sich der Wind wieder nach Osten und Norden zurück, so daß wir abends und nachts demselben wieder entrückt sind. Am folgenden Tage und hier und da auch noch am dritten wiederholt sich das nämliche Spiel. Was die Häufigkeit der Tramontana anbelangt, so kommen solche Perioden, wie die eben beschriebene, gewöhnlich nur während der eigentlichen Wintermonate ein- bis zweimal pro Monat vor.

Von der Tramontana in meteorologischer und physiologischer Beziehung verschieden ist der warme Nord- oder vielmehr Nordostwind. Dieser wird wohl das sein, was die Meteorologen als Riviera-Föhn bezeichnen, und er zeigt auch in der Tat gewisse Ähnlichkeit mit dem Föhn der Alpen. Er ist oft ziemlich bedeutend wärmer als die Lufttemperatur, so daß er dieselbe noch um mehrere Grade steigen macht (im April 1904 stieg die Temperatur unter dem Einfluß dieses Windes innerhalb 4 Tagen von 13° Mitteltemperatur auf 20°). Er verursacht Fallen des Barometers; die relative Feuchtigkeit beträgt bei diesem Winde 50—70%, während bei Tramontana viel bedeutendere Trockenheit herrscht. Auch die physiologische Wirkung ist ähnlich derjenigen des Föhns in den Alpen. Er verursacht häufig bei empfindlichen Personen Kopfschmerzen, psychische Depression, Appetitlosigkeit und andere nervöse Störungen. Dieser Riviera-Föhn ist viel seltener als die Tramontona, ungefähr im Verhältnis 1:2, und kommt gewöhnlich nur in den Monaten März und hauptsächlich April, seltener im November vor.

Ob es sich aber in der Tat um einen typischen Föhn, d. h. warmen Fallwind, der im Apennin seine Entstehung findet, handelt, oder ob nicht die Erwärmung durch Beimischung von Scirocco verursacht wird, der an der Westküste Italiens heraufkommt, dann im Golf von Genua von einem dort herrschenden Nordostwind nach der Riviera abgelenkt wird, das scheint uns noch nicht genügend erwiesen. Nach verschiedenen Beobachtungen scheint uns die letztgenannte Entstehungsweise plausibler. Gegen einen wirklichen Föhn spricht auch die relative Feuchtigkeit dieses Windes von 50—70%.

Nach diesen Beobachtungen und Untersuchungen des Dr. Enderlin kann die auffallend große relative Trockenheit der Luft an der Riviera in den Wintermonaten, namentlich dem Januar, auf die ich in meiner Mitteilung im April-Hefte dieser Zeitschrift aufmerksam gemacht hatte, nicht auf einem spezifischen Riviera-Föhn beruhen. Ob es einen solchen überhaupt im richtigen Sinne des Wortes gibt, er-

Digitized by Google

scheint zweifelhaft, da die physiologische Wirkung des Föhns derjenigen des Scirocco ähnlich und letzterer auf seinem Wege über das Meer bis zur Riviera feuchter geworden ist. Jedenfalls fehlen bei der Tramontana die charakteristischen physiologischen Begleiterscheinungen des Föhns nicht nur gänzlich, sondern der erschlaffenden Wirkung des letzteren steht auch eine anregende der ersteren in bezug auf die Tätigkeit des Nervensystems gegenüber. Daß die Tramontana eine oft ganz erhebliche Abkühlung der Luft zur Folge hat und zugleich in dem Grade austrocknend wirkt, daß die Feuchtigkeit der Luft auf ein Drittel ihres Sättigungsgrades und weniger sinkt, muß zunächst allerdings auffallend erscheinen. Dr. Enderlin hat sehr anschaulich den typischen Verlauf der Tramontana geschildert, wie dieser Nordwind zunächst hoch über den Küstensaum hinwegstreicht und sich nur durch den Zug der Wolken sowie die fernen Schaumkronen des Meeres zu erkennen gibt usw. Es wäre nun äußerst interessant, wenn beim Auftreten solcher typischen Nordwinde alle meteorologischen Instrumente und Begleiterscheinungen an verschiedenen Stationen der Riviera kontinuierlich beobachtet würden, was bei den mit registrierenden Instrumenten ausgerüsteten Observatorien leicht ist; doch erfordert der Wolkenzug etc. auch dort direkte Beobachtungen. Da aber die Tramontana in charakteristisch ausgesprochener Form nur wenige Male und nur in den eigentlichen Wintermonaten vorzukommen pflegt, so wären auf diese Fälle möglichst ausgedehnte, vollständige Beobachtungen zu konzentrieren. Dr. Enderlin bemerkt: „Je größer die Temperaturdifferenz, desto stärker die Tramontana. Bei geringer Differenz ist die Tramontana schwächer und wärmer.“ Die Frage, welche sich bei diesen Worten unmittelbar aufdrängt, ist die: „Wie verhält sich hierhei die relative Feuchtigkeit der Luft, und zwar im ganzen Verlaufe der Tramontana?“

Von allgemeinerem Interesse ist ferner ein Vergleich, den Dr. Enderlin in Hinsicht auf die austrocknende Wirkung der Luft in den Wintermonaten an der Riviera mit ihrem analogen Verhalten im Hochgebirge und in unseren Gegenden anstellt. Er benutzt dabei nicht die relative Feuchtigkeit derselben, sondern das Sättigungsdefizit, d. h. die Zahl von Grammen Wasserdampf, welche ein Kubikmeter Luft bis zur vollständigen Sättigung noch aufnehmen kann. Dieses Sättigungsdefizit ist bei gleicher relativer Feuchtigkeit der Luft um so größer, je höher die Temperatur steigt, und es ist direkt maßgebend für die austrocknende Wirkung derselben, daher in physiologischer Hinsicht wichtiger als die relative Feuchtigkeit.

Digitized by Google

Die folgende kleine Zusammenstellung gibt zunächst die Mittelwerte des Sättigungs-Defizits für die Stationen Ospedaletti, Königsberg und Darmstadt in den Monaten November—April.

Sättigungs-Defizit.

	Ospedaletti	Königsberg	Darmstadt
November	5,2	0,7	1,1
Dezember	4,3	0,5	0,7
Januar	4,7	0,4	0,9
Februar	4,7	0,6	1,1
März	3,7	0,8	1,7
April	3,9	1,7	2,9

In den eigentlichen Wintermonaten ist das Sättigungsdefizit der Luft an der Riviera im Mittel ca. zehnmal größer als an unseren Meeresküsten und ca. fünfmal so groß als im Binnenlande, ja es ist im Winter an der Riviera sogar noch höher als in Deutschland in den Sommermonaten Juni—August.

Ein Vergleich mit der austrocknenden Wirkung der Luft im Hochgebirge ergab selbst für Davos und Arosa im Winter noch kleinere Werte des Sättigungsdefizits als für Ospedaletti. Nur um die Mittagszeit hat letzteres ein etwas geringeres Sättigungsdefizit als die beiden vorgenannten Luftkurorte wegen der größeren Wasserverdunstung am Meere gegenüber den schneebedeckten Gefilden der Hochalpen.

Bei starker Tramontana steigt das Sättigungsdefizit in Ospedaletti nahezu auf das Doppelte obiger Mittelwerte, wobei dann empfindliche Atmungsorgane unter der sehr stark austrocknenden Wirkung dieser Nordwinde zu leiden haben.

Herr Prof. Dr. Hann in Wien war so freundlich, mich darauf aufmerksam zu machen, daß er in seinem Handbuche der Klimatologie, II. Aufl., Bd. III, denselben Gegenstand behandelt und gezeigt hat, daß auch an der adriatischen Küste im Winter große Trockenheit herrscht, da, wo Landwinde vom Steilufer auf das Meer hinauswehen. Er führt darüber auf S. 57—59 ungefähr folgendes aus: Die größte Trockenheit findet man dort, wo man sie nicht suchen würde, an der ligurischen Küste und namentlich in der Umgebung von Genua. Man muß in die Wüste gehen, um ähnliche Mittelwerte und Extreme der Trockenheit zu finden. Wenn man die täglichen meteorologischen Aufzeichnungen während des Winters zu Genua durchsieht, findet man häufig eine relative Feuchtigkeit unter 20% bei

Digitized by Google

Nord- und Nordostwinden, während bei Windstille und Südost-Wind die Feuchtigkeit sehr hoch ist. Die Beobachtungen zu Savona und Porto Maurizio zeigen dasselbe; San Remo scheint schon eine höhere und konstantere Luftfeuchtigkeit zu haben. Die in Genua im Winter fast beständig wehenden Nordwinde sind die Ursache dieser großen, ja erstaunlichen Lufttrockenheit. Ihre Häufigkeit erklärt sich aus dem großen Temperaturunterschied zwischen der warmen ligurischen Küste und dem kalten Innenland hinter dem Gebirgszuge. Die Luft erwärmt sich rasch beim Herabsinken, wird dabei sehr trocken, ohne jedoch eine derartige Temperaturerhöhung bringen zu können, um als Nord-Föhn aufzutreten. Auf gleichen Ursachen beruht die ziemlich große Lufttrockenheit im Winter zu Fiume. Große Lufttrockenheit ist wohl verträglich mit großen Regenmengen, denn Genua und Fiume zeichnen sich dadurch besonders aus. Lugano, Villa Carlotta am Comer See und Riva haben zuweilen Nord-Föhn, d. h. trocknen Nordwind mit Temperatur-Erhöhung, doch sind diese Fälle zu selten, um eine größere klimatische Bedeutung beanspruchen zu können; hingegen dürften vielleicht die größeren Schwankungen der Feuchtigkeit in hygienischer Beziehung in Betracht kommen. Was besonders zu einer richtigen vergleichenden Würdigung der verschiedenen klimatischen Kurorte in meteorologischer Hinsicht zum Teil noch fehlt, ist die Bestimmung der Veränderlichkeit der Temperatur und der Feuchtigkeit, ferner, was allerdings viel schwieriger ist, ein vergleichbares Maß der Stärke der Luftbewegung. Dies die Ausführungen des Prof. Dr. Hann in seiner Klimatologie.

Durch das bereits mehrfach als wünschenswert bezeichnete Zusammenwirken von Meteorologen und Kurärzten würde sich die Kenntnis der so interessanten und in hygienischer Hinsicht wichtigen klimatologischen Erscheinungen ohne Zweifel erfolgreich fördern lassen. Zum Belege gleichsam möchte ich ein Beispiel anführen, welches dem letzten Jahrgange der klimatologischen Zeitschrift „Ospedaletti hivernal" des Dr. med. Altichieri entnommen ist, die dieser mir vor kurzem freundlichst übersandte. In der zweiten Hälfte des Januar d. J. herrschte in ganz Europa bei nördlichen Winden starker Frost, der mehrere Tage anhielt. Der kälteste Tag war der 23. Januar. Dresden hatte — 20°, Lausanne und Genf — 15°, Turin und Varese — 11°, Arno und Etsch waren zugefroren. Es schneite in Rom und Neapel derart, daß der Trambahnverkehr nicht aufrechterhalten werden konnte. Auch an der Riviera machte sich der Einfluß des Nordostwindes als Tramontana durch starken Temperaturabfall bei großer Trockenheit der Luft in empfindlicher Weise fühlbar, wie folgende kleine Tabelle

Digitized by Google

der meteorologischen Beobachtungen des Dr. Altichieri in Ospedaletti deutlich erkennen läßt:

Januar	21.				22.				23.			
	Mittag		Nacht		Mittag		Nacht		Mittag		Nacht	
Uhr	6	12	6	12	6	12	6	12	6	12	6	12
Temperatur	9°	12°	9°	9°	9°	9°	6°	4°	3°	6°	3°	3°
Rel. Feucht. %	70	65	80	80	75	60	50	52	48	30	38	40

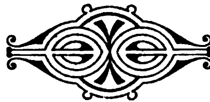
Januar	24.				25.			
	Mittag		Nacht		Mittag		Nacht	
Uhr	6	12	6	12	6	12	6	12
Temperatur	6°	10°	10°	10°	10°	10°	10°	11°
Rel. Feucht. %	50	58	65	70	90	90	89	80

Die Temperatur der Luft sinkt vom 21. auf den 23. Januar um 6° bis 8° und die Luftfeuchtigkeit gleichzeitig um 40% bis 50%. In den folgenden zwei Tagen steigen Thermometer und Hygrometer dann beide gleichzeitig wieder um ebensoviel.

Für den Gang der absoluten Feuchtigkeit ergeben sich hierbei in runden Zahlen etwa folgende Werte. Bei 9° bis 10° Temperatur am 21. konnte die Luft rund 9 g Wasserdampf pro kbm aufnehmen. Da sie nach der Angabe des Hygrometers nur ungefähr zu zwei Drittel gesättigt war, enthielt sie 6 g pro 1 kbm. Am 23. war die Temperatur auf 3° gesunken. Die Luft hätte 6 g pro 1 kbm aufnehmen können, da sie aber nur zum dritten Teile gesättigt war, so enthielt sie noch 2 g pro 1 kbm. Am gleichen Tage betrug die Kälte im Potale nördlich des Apennin nach den Beobachtungen in Turin etc. — 11°. Bei solcher Temperatur würde die dortige Luft mit 2 g pro kbm gesättigt gewesen sein. Wenn nun diese Luft über den Apennin nach Süden durch den Nordwind getrieben wurde, so mußte sie sich in größerer Höhe noch weiter abkühlen, so daß sie nur noch etwa 1 g Wasserdampf pro 1 kbm enthalten konnte. Erwärmte sie sich dann beim Herabsinken an der Steilküste der Riviera in normaler Weise (1° pro 100 m Fallhöhe) bis auf 3° ohne Aufnahme weiterer Feuchtigkeit, so würde sie nach vollständigem Verdrängen der an der Küste vorhandenen wärmeren und feuchteren Luft eine relative Trockenheit bis zu 15% bei 3° Lufttemperatur haben erzeugen können. Die von Dr. Altichieri beobachtete und in der vorstehenden kleinen Tabelle mitgeteilte Temperaturerniedrigung um 6° bis 8° und gleichzeitige Abnahme der relativen Feuchtigkeit der Luft um 40% bis 50% und bis auf 30% ihres Sättigungsgrades erklärt sich hieraus auf ungezwungene Weise, wie auch die große Trockenheit der Luft an

Digitized by Google

den Steilküsten des ligurischen und adriatischen Meeres überhaupt bei starker Kälte im Binnenlande und einer Windrichtung, welche diese kalte Luft über größere Höhen zur Steilküste des Meeres führen, woselbst sie die dort vorhandene wärmere und feuchtere Luft mehr und mehr verdrängt. Nach den Aufzeichnungen des Dr. Altichieri herrschte in der Bucht von Ospedaletti am 21. Januar noch Windstille, am 22. machte sich die Wirkung der Tramontana fühlbar als schwacher Ostwind, am 23. nahm dieser an Stärke zu, am 24. wieder ab, und am 25. war wieder Windstille in voller Übereinstimmung mit dem Gange der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft, welche am 21. bis 23. Januar abnahmen bei Nachlassen des Windes und folgender Windstille, aber rasch wieder zunahmen bis zu ihrem Stande vor der Tramontana. Der Beginn dieses letzteren würde sich durch den Zug der Wolken, die fernen Schaumkronen des Meeres etc. vermutlich schon vor Eintritt des Ostwindes in die Bucht von Ospedaletti und vor der Änderung in dem Stande der meteorologischen Instrumente zu erkennen gegeben haben, wenn sie beobachtet worden wären. Solche vollständigen Beispiele über Auftreten und Wirkung der Tramontana werden sich in den kommenden Wintern unschwer erhalten lassen und zur weiteren Kenntnis dieser Vorgänge führen, die zunächst sehr auffallend erscheinen mußten.



Digitized by Google



Die drei jupiternahen Planetoiden

haben jetzt durch ihre Entdecker Wolf und Kopff in Heidelberg Namen erhalten, und zwar ist 588 = 1906 TG Achilles, 1906 VY Patroclus, 1907 XM Hektor getauft worden. Damit ist in sehr geschickter Weise eine neue Klasse von Benennungen im Planetensystem eingeführt worden, die auch für Neuentdeckungen noch Namen genug zur Verfügung stellt. Es werden ja wohl die drei Planeten, deren Bahnen im Aphel über die Jupiterbahn hinausreichen, nicht die einzigen ihrer Gattung sein und für unser Wissen bleiben. Die Sagengestalten des trojanischen Krieges werden dann der Reihe nach aus den homerischen Gesängen an den Himmel wandern; und wie sie in 10jährigem Kampfe einander um den Mauerring von Troja gejagt, so werden sie gleichfalls in schwerem Kampfe um ihre Existenz in zwölf Jahren ihren Kreis um die Sonne ziehen. Hier wie dort stört sie der gewaltige Jupiter. Vor Troja griff er vor 3000 Jahren parteiisch in ihre Schlachten ein, und im Planetensystem sucht er Achilles, Patroclus und Hector, wenn sie ihm nahe kommen, aus ihren Bahnen herauszureißen. Ob dies gerade bei diesen drei Asteroiden möglich ist, ist freilich dann zu verneinen, wenn der Librationsfall vorliegt, von dem im vorigen Jahrgang S. 519 gesprochen ist. Andernfalls dürfte den drei Helden am Sternenhimmel kein Verweilen von 3000 Jahren in ihren jetzigen Bahnen beschieden sein, und die astronomische Störungsrechnung hätte in Fortsetzung der homerischen Gesänge über ihre weiteren Schicksale zu berichten. R.



Mutationen im Tierreich.

Seit durch das Erscheinen von Hugo de Vries' großangelegtem Werke über „die Mutationstheorie“ die Aufmerksamkeit der Forscher auf die hohe Bedeutung hingelenkt wurde, welche offenbar dem Auftreten von sogenannten Mutationen oder Sprungvariationen für die Entstehung der Arten im Pflanzenreiche zugeschrieben werden muß, ist die

Digitized by Google

Diskussion über dieses Thema nicht wieder von der wissenschaftlichen Tagesordnung abgesetzt worden. Man hat denn auch angefangen, mehr und mehr auf entsprechende Erscheinungen im Tierreiche zu achten, und im Laufe der Jahre sind bereits eine ganze Anzahl solcher Mutationen bei Tieren bekannt geworden und eingehend erörtert. Unter dem Namen „Mutation" begreift man bekanntlich das sprunghafte Auftreten ganz neuer Artcharaktere bei Pflanzen oder Tieren, so daß man die so gebildeten Nachkommen direkt als neue Arten oder Rassen bezeichnen kann. Als solche sind die betreffenden Individuen auch dadurch gekennzeichnet, daß sie die sprunghaft neu gebildeten Merkmale rein auf ihre Kinder vererben. Bereits seit langem war es den Blumenzüchtern bekannt, daß in ihren Kulturen bisweilen ganz unvermutet Pflanzen mit neuen Formen und Farben erschienen, die ihnen dann für die Heranzüchtung gärtnerischer Neuheiten willkommenes Material lieferten. Auch Darwin war das Vorkommen von „single variations" nicht entgangen, doch schrieb er ihnen gegenüber den individuellen oder fluktuierenden Abänderungen keine Bedeutung für die Artbildung zu. Im folgenden wollen wir nun einige der hervorstechendsten Fälle von Sprungvariationen im Tierreiche kurz besprechen.

Wahrscheinlich haben wir in unseren Dachshunden Beispiele für Sprungvariationen vor uns, die in frühen Zeiten aus Wind- oder Laufhunden entstanden sind. Da jedoch die Dachshundrasse sehr alten Ursprunges ist und bereits vor mehr als 2000 Jahren im Niltale gehalten wurde, können wir sicheres über ihre Entstehung nicht mehr in Erfahrung bringen. Dagegen kennen wir aus neuerer Zeit einen ganz ähnlichen Fall bei Schafen, über den uns Darwin berichtet hat. Im Jahre 1791 wurde nämlich in Massachusetts ein Schaf geboren mit langem Rücken und den krummen kurzen Beinen, wie sie die Dackel besitzen. Trotz seines merkwürdigen, unnatürlichen Aussehens wurde dieses Tier weitergezüchtet, in der Hoffnung, eine Rasse zu erhalten, welche nicht die die einzelnen Besitzungen trennenden Hecken und Zäune zu überspringen vermöchte. So entstand die Anconrasse. Späterhin wurden die Anconschafe freilich durch die Merinoschafe verdrängt und existieren heute nicht mehr.

In einer Herde von krauswolligen Merinoschafen wurde am Anfange des vorigen Jahrhunderts ein Tier abgesetzt, das sich durch lange, gerade seidenartige Behaarung, glatte Hörner, auffallend großen Kopf und noch einige andere Merkmale vor den übrigen auszeichnete. Auch dieses durch Sprungvariation entstandene Tier vererbte seine neuen Eigenschaften auf die Nachkommen und wurde zum Stammvater der sogenannten Mauchampmerinos, die allerdings heute gleichfalls kaum noch gezüchtet werden.

Digitized by Google

Auch die schwarzen Eichhörnchen, die in manchen Jahren in vielen Gegenden sehr zahlreich aufzutreten pflegen, muß man als solche Sprungvariationen auffassen. Hierher gehört ferner allem Anscheine nach auch der schwarze Panther, der lange Zeit für eine gute Spezies gehalten wurde, jetzt aber meistens nur als eine Abänderung von Felis pardalis aufgefaßt wird. Auch die berühmte stummelschwänzige Katze der Insel. Man verdankt wahrscheinlich einer spontanen Abänderung ihre Entstehung. Nach den Untersuchungen Kellers darf es ferner als festgestellt gelten, daß die Hornlosigkeit verschiedener Ziegen-, Schafe- und Rinderrassen auf das plötzliche Auftreten hornloser Sprungvariationen zurückgeführt werden müsse. Die meisten der genannten Formen sind dadurch ausgezeichnet, daß sie sich bei Inzucht vollkommen konstant erweisen.

Endlich muß man auch nach der Ansicht zahlreicher Forscher die Ziegenrassen mit vier Hörnern, die dreihufigen Schweine der Krim, die Teleskop- und Schleierschwanzgoldfische und den Schwarzschulterpfau als Sprungvariationen auffassen. Über die Entstehung des letzteren haben wir durch Heron sogar genauere Nachricht. Danach soll diese schöne Rasse im Jahre 1835 plötzlich in der Pfauenherde Lord Brownlows aufgetreten sein. Th.



Ein Fall von Symbiose.

Ueber einen neuen Fall von Symbiose zwischen einem Krebs und Muscheln berichtet v. Hansemann in den Sitzungsberichten der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin. Gelegentlich eines Aufenthaltes auf dem Lido bei Venedig war es genanntem Forscher aufgefallen, daß die Schneckenhäuser, welche sich ein kleiner Einsiedlerkrebs, Diogenes varians, zur Wohnung wählte, in der Mehrzahl der Fälle mit Austern besetzt waren. Nach Hansemanns Ansicht soll es sich bei diesem seltsamen Zusammenleben um eine symbiotische Vereinigung handeln, das heißt um ein Bündnis, aus dem beide Parteien Nutzen ziehen. Daß dem Krebs aus dieser Verbindung Vorteil erwächst, ist höchst wahrscheinlich. Würde er sich sonst wohl mit Vorliebe solche mit Muscheln bedeckte Schneckenschalen aussuchen? Der Nutzen läßt sich aber auch leicht direkt beobachten, denn man kann in der litoralen Zone sehen, wie die Schneckengehäuse, welche keine Austern tragen, bereits bei schwachem Wellenschlage willkürlich hin und her geworfen und häufig auf den Strand geschleudert werden. Die mit Austern bedeckten Schneckenschalen dagegen verankern sich bei Eintritt von Seegang im Sande und vermögen so selbst stärkerem Wellenschlage Widerstand zu leisten. Nach

Digitized by Google

eftigem Seegange findet man regelmäßig den Sand mit allen möglichen Schalen von Molusken bedeckt, darunter aber sieht man nur sehr wenige mit Austern besetzte und von unserem Einsiedler bewohnte Schneckengehäuse. Auch der Nutzen für die Auster ist leicht einzusehn. Das unbehilfliche Tier benutzt des Krebses Beine zu seinen Beutezügen und partizipiert wahrscheinlich auch gleichzeitig an den Abfällen von der Nahrung seines Reittieres. Th.



Über eine Anwendung von Röntgenstrahlen zum Nachweis von Tuberkeln im Fleisch.

In den Comptes Rendus der Pariser Académie des Sciences (144, 1298 bis 1300, 1907) vom 10. Juni 1907 macht Herr H. Martel interessante Mitteilungen über die Anwendung der Röntgenstrahlen zum Nachweis von Tuberkeln im Rind- und Schweinefleisch. Herr Martel benutzt für sein Verfahren den Umstand, daß die Tuberkelherde beim Rindvieh und beim Schwein sich durch Kalksalzablagerungen auszeichnen. Untersucht man nun das Gangliengewebe dieser Tiere mit Röntgenstrahlen, so findet man es ziemlich vollkommen durchlässig und erhält nur einen schwachen Schatten; die tuberkulös erkrankten Partien dagegen werden als körnige Flecken von mehr oder minder großer Ausdehnung — je nach der Ausbreitung der Erkrankung — abgebildet. Nach den Angaben des Herrn Martel soll die Radioskopie so imstande sein, die verborgensten Tuberkelherde aufzudecken. Noch leistungsfähiger in dieser Hinsicht ist die Radiographie, doch setzt die umständlichere und zeitraubende Handhabung ihrer Verwendbarkeit auf diesem Gebiete gewisse Schranken. Auf alle Fälle scheint uns hier eine neue Waffe zur Bekämpfung der Tuberkulose in die Hand gegeben zu sein. Herr Martel hält es sogar für möglich, geeignete Vorkehrungen zu ersinnen, welche die radioskopische oder radiographische Untersuchung des Schlachtviehes auf den Schlachthöfen im großen Maßstabe ermöglichen würden. Jedenfalls erwächst hier der Röntgentechnik eine dankbare Aufgabe. Mi.



Endlich ein unterseeischer Durchstich!

Seit Jahrzehnten ist die Rede von der Untertunnellierung des Kanals La Manche zwecks Verbindung Englands mit Frankreich und von der Herstellung eines Eisenbahnverkehrs unter dem Meere zwischen

Digitized by Google

England und Irland; aber die Durchführung dieser schönen Pläne scheint auf unbestimmte Zeiten vertagt zu sein, und so gibt es denn vorerst nur in London, Liverpool und Berlin einige Unterflußtunnels, während in etwa zwei Jahren zwei solche in New York werden beendet werden. Vor kurzem jedoch ist endlich ein Tiefseetunnel fertiggestellt, der erste der Erde. Mit diesem technischen Wunder kann sich die berühmte nordamerikanische Großstadt Boston — von ihren Bewohnern „die Radnabe des Weltalls" genannt — brüsten. Dieser vor wenigen Monaten dem Verkehr übergebene Durchstich unter dem Seehafen verbindet Boston mit Ostboston und ist scherzhaft „Das Loch im Meeresboden" getauft worden. Er gehört der Stadt, die ihn auf Anregung des Staatsgouverneurs Bates bauen ließ, und wurde auf 25 Jahre an die Bostoner Hochbahngesellschaft verpachtet.

Die Ausführung dieses hervorragenden Ingenieurkunstwerks dauerte $4^{3}/_{4}$ Jahre und kostete 3300000 Doll. Seine Länge beträgt rund 2,4 km, die Breite 7 m, die Höhe über 5 m. Zweigeleisig angelegt, befindet sich der Tunnel an seinem tiefsten Punkt ca. 25 m unter dem durchschnittlichen Wassertiefstand. Drei Reihen elektrischer Flammen beleuchten die Geleise; die seitlichen Flammen sind mit Schirmen versehen, um die Wagenlenker nicht zu blenden. Aus Konkret erbaut, besitzt der Tunnel ein vollständiges Blocksignalsystem, Telegraphen- und Fernsprechleitungsröhren und längs der Mitte der gewölbten Decke einen großen Ventilationskanal. An den niedrigsten Punkten sorgen selbsttätige Pumpen für vollkommene Entwässerung.

Die Tatsache, daß im Jahre 1904 rund 13 Millionen Personen zwischen Boston und Ostboston die Dampffähre benutzten, welche 30 Minuten fährt, während die Tunnelhochbahn nur $6^{1}/_{2}$ Minuten beansprucht, läßt die Bedeutung des neuen Verkehrsmittels klar erkennen. Der Fahrpreis ist derselbe wie bei der Fähre, doch kommt hinzu ein Zuschlag von 1 Cent (4 Pfennig, 5 Heller), der in den Tilgungsfonds fließt, aus dem die Stadt die Herstellungskosten abzahlen wird. Die Bahngesellschaft entrichtet als Pachtschilling $^{3}/_{8}\,^{0}/_{0}$ der Bruttoeinnahmen sämtlicher Strecken, jährlich also etwa 50000 Doll. Wenn nur ein Drittel der bisherigen Fährenbenutzer zur Tunnelbahn übergeht, was ganz sicher ist, macht der Zentzuschlag jährlich 40000 Doll. aus. Dazu werden noch die Einnahmen aus der zweifellos stetig anwachsenden Zunahme der Passagiermenge treten. Jedenfalls wird der Stadtsäckel ein glänzendes Geschäft machen. L. K.-r.



Digitized by Google

Von der Doverer Hafenerweiterung.

Der weltbekannte Hafen zu Dover am Kanal La Manche erfährt seit längerer Zeit eine riesige Ausgestaltung zum Kriegshafen. Zwei von den drei Wällen, die gebaut werden, der östliche und der westliche, sind jüngst vollendet worden, und nun ist der südliche (der Wellenbrecher) im Bau begriffen. Da man Dover zum Gibraltar des Ärmelkanals machen will, hat die Einführung des Torpedos und des überseeischen Bootes in die Seekriegstechnik die Notwendigkeit eines solchen Tiefseehafens ergeben. Im Londoner „Pall Mall Magazine" schildert der Ingenieur Harold Shepstone in ebenso anziehender wie eingehender Weise den gründlichen Besuch, den er den Arbeiten abgestattet hat. Am interessantesten ist die Rolle, die bei diesen Arbeiten die Taucherglocke, ins Moderne vergrößert, spielt. Ehe das Fundament gesichert werden kann, muß für die großen Konkretblöcke, welche hierzu erforderlich sind, der Meeresboden nivelliert werden. Dies geschieht durch Taucher, die in riesigen „Glocken", d. h. Zimmern, arbeiten, die etwa 5 m lang, 3 m breit sind und 40 Tonnen wiegen! In Strümpfen, Gamaschen und schweren Stiefeln betreten je sechs „Taucher" eine solche „Glocke", die hierauf durch einen mächtigen Kran über das Baugerüst geschwungen wird, um dann langsam ins Meer hinabgelassen zu werden. Unser Gewährsmann schreibt:

„Anfangs hatte ich seltsame Empfindungen. Als wir ins Wasser kamen, welches übrigens durch komprimierte Luft aus der Glocke entfernt wurde, surrte es mir deutlich im Kopf und in den Ohren; um dem ein Ende zu machen, mußte ich meine Nase zuhalten und dann kräftig durch sie blasen. Wir landeten etwa 50 Fuß unter der Oberfläche. In der elektrisch beleuchteten Glocke war's fast taghell. Der Lenker vermag sie mit Hilfe von Signalen, die er dem Kranmann gibt, beliebig zu steuern. Als wir den Boden — es war ein schon nivelliertes Stück gewesen — berührten, hatten wir etwa 2 cm Wasser; die Preßluft vertrieb dieses schnell, und wir befanden uns so ziemlich im Trocknen. Bald gelangten wir zu einer zerklüfteten, felsigen Fläche. Unsere Taucher arbeiteten unter einem Druck von 27 Pfund auf den Quadratzoll, bis der Boden ganz glatt und eben war. Das abgegrabene Material wurde in eine von der Mitte der Glocke herabhängende Holzkiste geworfen. Als wir uns eine Weile ruhig verhielten, schossen die durch die helle Beleuchtung, die neben den dicken, kleinen Glasfenstern angebracht ist, angelockten Fische auf die Glocke zu, doch verschwanden sie beim Geräusch der Schaufeln sofort wieder."

L. K-r.



Digitized by Google



Herders Konversations-Lexikon. Dritte Auflage. Reich illustiert durch Textabbildungen, Tafeln und Karten. — Freiburg im Breisgau, Herdersche Verlagshandlung 1902.

Von der dritten Auflage von Herders Konversations-Lexikon liegt mir der erste Band, umfassend die Artikel „A" bis „Bonaparte" vor, ein stattlicher Band von 1740 Spalten. Eine große Reihe von Stichproben haben mir die Überzeugung gegeben, daß dieses Werk wohlgeeignet ist, weitgehenden Ansprüchen zu genügen. Ein wirklich vollkommenes oder gar vollständiges Konversations-Lexikon herzustellen, ist eine überaus schwierige, wenn nicht gar eine völlig unausführbare Aufgabe, und so finden sich denn auch in dem Herderschen Werke mancherlei Unvollkommenheiten. Bei der Feststellung von Jahreszahlen ist mancher Fehler untergelaufen, ein Umstand, an dem auch andere Werke dieser Gattung kranken. Eine Erklärung hierfür läßt sich in vielen Fällen vielleicht darin finden, daß häufig das Jahr des Bekanntwerdens einer Erfindung oder Entdeckung als Erfindungs- bzw. Entdeckungsjahr angenommen wird. Es wäre daher wünschenswert, daß die Mitarbeiter, soweit irgend angängig, die Originalveröffentlichungen einsehen würden. Um ein Beispiel zu nennen: Als Entdeckungsjahr des Aktiniums wird (Spalte 197) 1900 angegeben; die erste Veröffentlichung von Debierne über dieses Element ist aber bereits in den Comptes Rendus der Pariser Akademie vom 15. Oktober 1899 enthalten. — Daß Spalte 438 „Angström" statt „Ångström steht, ist wohl nur ein bei der Korrektur übersehener Druckfehler. Bedauerlich ist, daß nicht auch der lebende Träger dieses Namens, Knut Ångström, erwähnt wird. — Beim Artikel „Arbeit" ist leider nicht unterschieden zwischen 1 P.S. und 1 H.P. (Spalte 570/571.) — Als Erfinder der „Autotypie" (Spalte 890) werden Meisenbach und v. Schmaedel genannt. Dies ist insofern richtig, als Meisenbach im Jahre 1881 (nicht 1882) für sein Verfahren ein Patent erhielt und wohl auch dem Verfahren den allgemein gebräuchlichen Namen beigelegt hat. Das Verfahren selbst ist aber in seinen Grundzügen wohl bereits früher in Paris (durch Drivet und Durand) ausgeübt worden. — Die erwähnten Mängel vermögen indessen nicht, der Brauchbarkeit des Buches wesentlich Abbruch zu tun.

Mi.

J. W. Camerer, Philosophie und Naturwissenschaft. 8. 158 S. Mit doppelseitiger Tafel und zwei Abbildungen im Text. Stuttgart 1906. Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde. Geschäftsstelle: Franckh'sche Verlagsbuchhandlung. M. 1,—, geb. M. 2,—.

Digitized by Google

„Philosophie und Naturwissenschaft“! Diese beiden Zweige der Wissenschaft einander näher zu bringen, sie miteinander zu vereinigen, sich gegenseitig durchdringen zu lassen, das ist das Bestreben unserer Zeit. Diesem Streben nun kommt die hier vorliegende Schrift in schätzenswerter Weise entgegen. Das Buch zerfällt in drei Hauptabschnitte. Im ersten Abschnitte gibt der Verfasser, selbst Mediziner und Naturwissenschaftler, eine Geschichte der Philosophie für den Naturforscher. Selbstverständlich können die 65 Seiten kleinen Formates, die dieser Abschnitt einnimmt, keine ausführliche Geschichte der Philosophie enthalten. Immerhin erhält der Leser ein Bild von dem Verhältnis der verschiedenen philosophischen Systeme zu den Naturwissenschaften. Es folgt der zweite Abschnitt, „das Seelenleben des Menschen im Lichte der heutigen Naturwissenschaft“. Der dritte und letzte Abschnitt endlich behandelt „die exakten Wissenschaften oder die Lehre von Kraft und Stoff in ihrer jetzigen Entwicklung“. Der Zweck des Verfassers ist, den Naturwissenschaftler zur Beschäftigung mit der Philosophie anzuregen; aber auch weitere Kreise werden in dem Buche mancherlei Anregung finden. Mi.

Friedrich Dessauer und Paul C. Franze, Die Physik im Dienste der Medizin mit besonderer Berücksichtigung der Strahlungen. (Sammlung Kösel, Band 9.) 16. VIII und 141 S. Kempten, Jos. Kösel. 1906. M. 1,—.

Wenn der Laie heute von physikalischer Heilmethode und dergleichen hört, so schüttelt er noch häufig voll Mißtrauen den Kopf. Ganz zu Unrecht! denn wenn auch vielleicht noch manche Scharlatanerie mit unterlaufen mag, so ist doch heutzutage die Physik in der Medizin diagnostisch wie therapeutisch ein Faktor von gar nicht zu unterschätzender Bedeutung geworden. Es ist aus diesem Grunde mit Freuden zu begrüßen, daß sich zwei Fachleute zusammengetan haben, um in einem leichtverständlichen und, was auch von Wichtigkeit ist, nicht zu umfangreichen Büchlein das Publikum zu unterrichten, einmal von den physikalischen Vorgängen, welche in der Diagnostik und in der Therapie unserer Zeit Anwendung finden, zweitens von der Art und Weise ihrer Anwendung. Dieses Werkchen dürfte wohl dazu beitragen, der physikalischen Medizin zu dem ihr gebührenden Vertrauen und der ihr gebührenden Anerkennung zu verhelfen. Mi.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

TAFEL I.

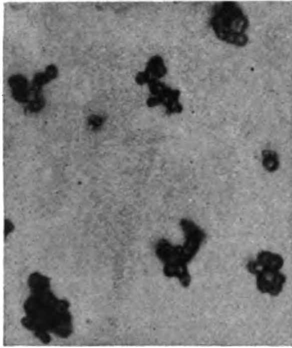


Fig. 1.

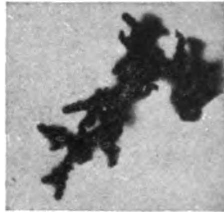


Fig. 2.

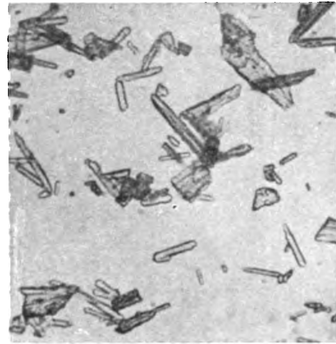


Fig. 3.

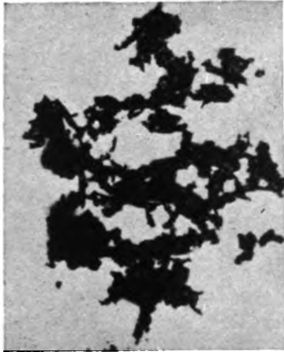


Fig. 4.

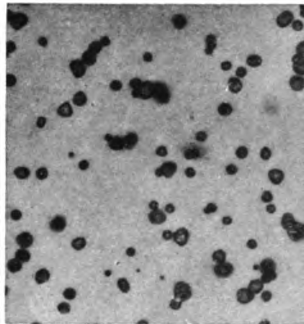


Fig. 5.

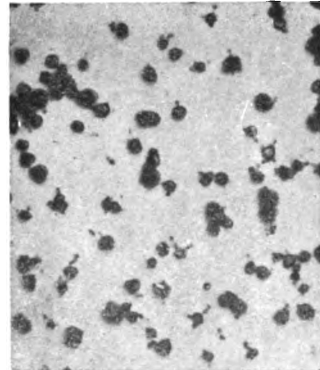


Fig. 6.

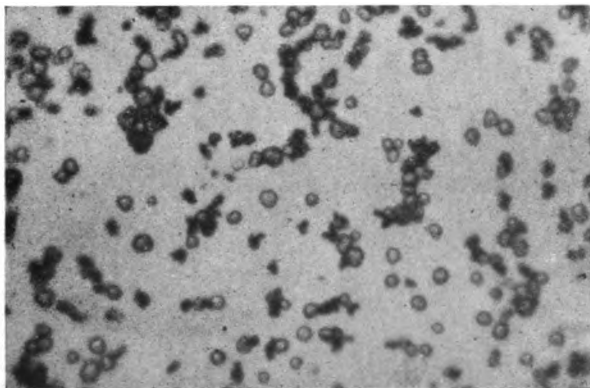


Fig. 7.

Digitized by Google

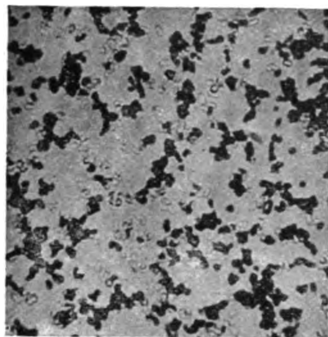


Fig. 8.

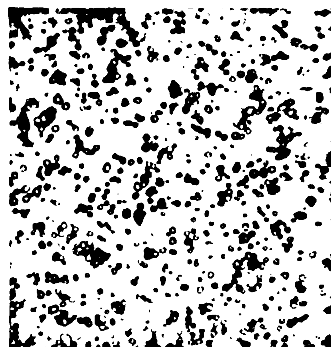


Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.

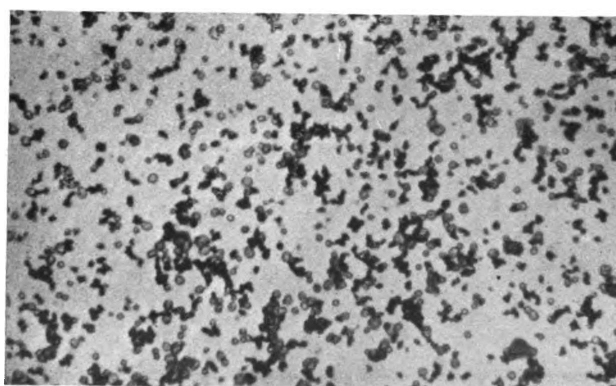


Fig. 12.

Digitized by Google

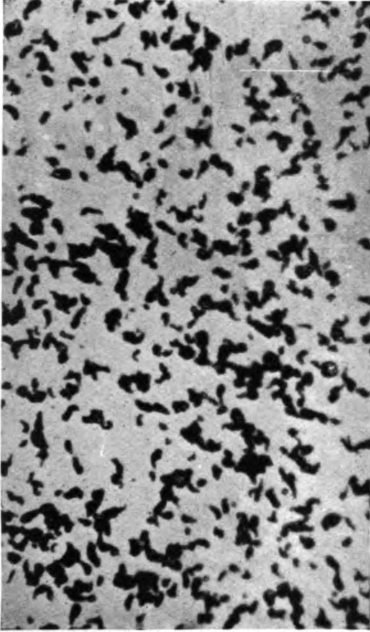


Fig. 13.

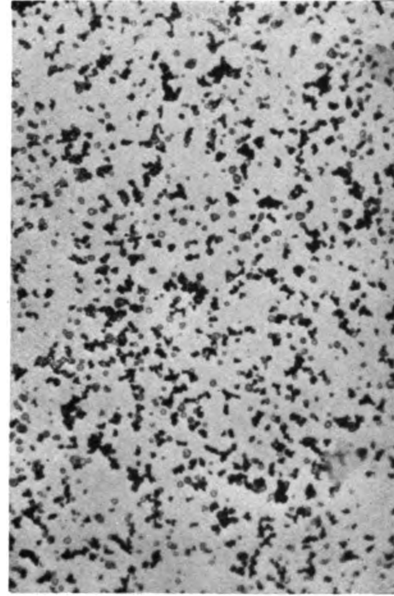


Fig. 14.

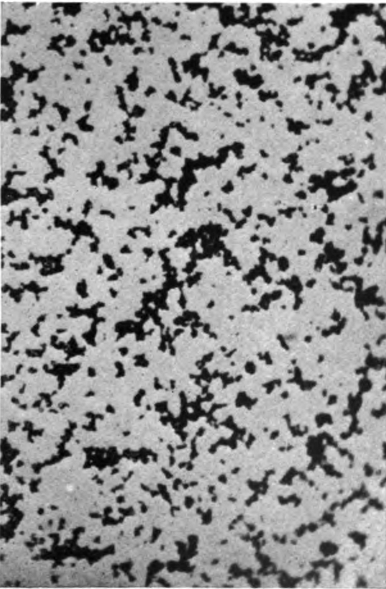


Fig. 15.

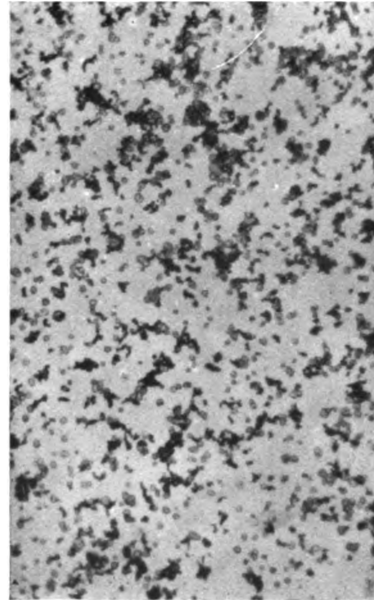


Fig. 16.

Digitized by Google

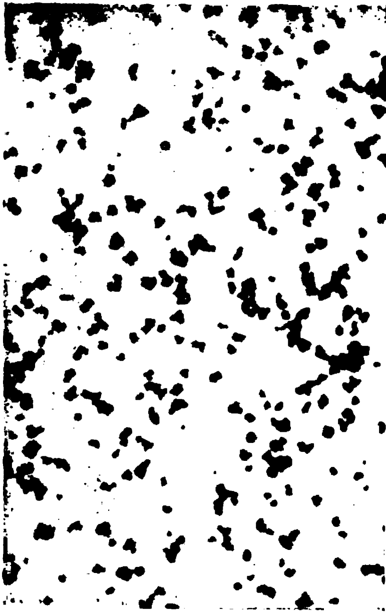


Fig. 17.



Fig. 18.

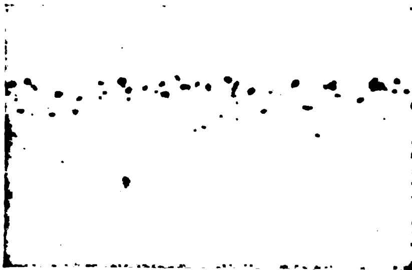


Fig. 19.



Fig. 20.

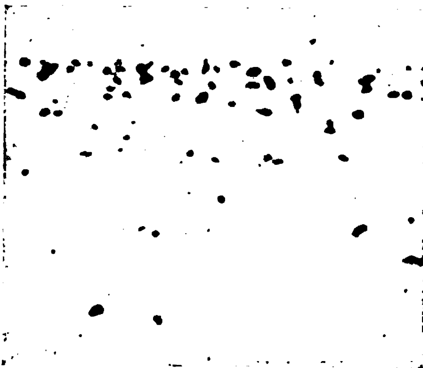


Fig. 21.

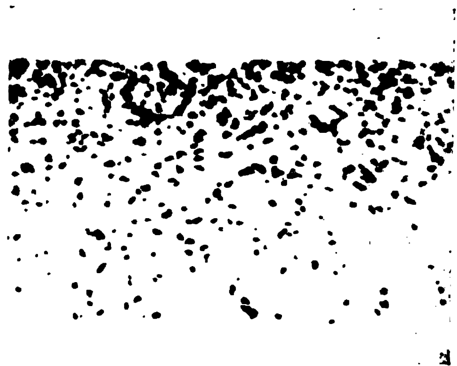


Fig. 22.

Digitized by Google



Mikroskopische Untersuchungen photographischer Schichten*).

Von **Dr. W. Scheffer** in Berlin.

Die Untersuchungen, über die im folgenden berichtet werden soll, bezogen sich erstens auf die Gestalt der verschiedenen Körner, die man in photographischen Negativschichten findet, und zweitens auf die räumliche Anordnung dieser Gebilde in der Leimschicht. Zur Lösung einer naturwissenschaftlichen Aufgabe braucht man vor allem eine klare exakte Fragestellung und zur Beantwortung dieser möglichst einfache, wohl übersehbare Versuchsanordnungen, einen möglichst einfachen und geraden Weg, der selbstverständlich zur Lösung führt. Man wird im allgemeinen bei jedem Versuche alle Versuchsbedingungen bis auf eine unverändert lassen und nur eine Ursache des zu untersuchenden Vorganges in bekannten und beherrschbaren Massen ändern. Der Ausgangspunkt aller Versuchsreihen ist irgend ein Vorgang. Man wird zunächst versuchen, alle Ursachen, die bei dem Zustandekommen dieses Vorganges mitwirken, kennen zu lernen, und dann wird man den Vorgang sich so abspielen lassen, daß man alle Ursachen beherrscht und in jeder Versuchsreihe eine der Ursachen, wie oben gesagt, in bezug auf ihre Wirkungskraft planmäßig steigert oder vermindert.

Aus jeder der auf diese Weise angestellten Versuchsreihen läßt sich das Gesetz ableiten, welches die Wirkung der betreffenden Einzelursachen beherrscht, und wenn man die Ergebnisse der verschiedenen Versuche zusammen nimmt, wird man das Gesetz kennen lernen, welches das Zustandekommen des Vorganges aus der Gesamtheit seiner Ursachen beherrscht. Und das ist am letzten Ende die Aufgabe aller Naturforschung.

*) Nach einem auf der letzten Naturforscherversammlung zu Dresden am 18. September 1907 gehaltenen Vortrag.

Digitized by Google

Die Erscheinungen, die den Anlaß zu den im folgenden beschriebenen Untersuchungen gaben, sind in den Figuren 1 bis 4 mikrophotographisch dargestellt. Figur 1 zeigt in Wasser gefälltes Bromsilber und Figur 2 das Endergebnis der Entwicklung dieses Körpers nach einer gewissen Belichtung. Figur 3 ist ein ebenfalls in Wasser gefälltes, kristallinisches, lichtempfindliches Silbersalz und Figur 4 das Ergebnis der Entwicklung dieses Körpers. Selbstverständlich waren die Silbermengen in allen beiden Lösungen die gleichen und das Lösungsverhältnis des Entwicklers, die Belichtungszeit usw. dieselbe. Aus den Figuren 1 bis 4 geht hervor, daß das entwickelte Korn ein ganz anderer Körper ist, wie das unentwickelte. Seine Farbe, seine Gestalt und, worauf noch nicht weiter eingegangen werden soll, seine chemischen Eigenschaften sind von denen des unentwickelten Korns ganz verschieden. Die entwickelten Körner, Figur 2 und 4, sehen sich sehr ähnlich in Farbe und Gestalt, auch ihre chemischen Eigenschaften sind die gleichen, während die lichtempfindlichen Salze, aus denen sie hervorgingen, in jeder Beziehung ganz verschiedene Körper sind. Augenscheinlich sind die großen schwarzen entwickelten Körner in Figur 2 und 4 das Endergebnis eines Vorganges, dessen verschiedene Stufen zu untersuchen die erste Fragestellung war. Es lag nahe, die Versuche so anzustellen, daß man eine gewisse Menge lichtempfindlicher Körner belichtet und dann so entwickelt, daß nach Ablauf verschiedener Zeiten kleine Mengen aus der Lösung herausgenommen wurden. So hätte man eine Stufenreihe der verschiedenen Zustände des entwickelten Kornes zu den verschiedenen Zeiten der Entwicklung gehabt. Man hätte also bei den Versuchen alles unverändert gelassen und nur die Wirkungsdauer der Entwicklungslösung verändert. Leider ist dies mit in Wasser aufgeschwemmten Körnern nicht auszuführen, da in diesem Falle die Entwicklung in sehr kurzer Zeit verläuft. Die übliche Form der sogenannten Emulsion, d. h. der Aufschwemmung der lichtempfindlichen Silbersalzkörner in Leim, bot ein bequemes Hilfsmittel für die Ausführung dieser Versuche. Bekanntlich gehen alle chemischen Vorgänge, bei denen der Leim selbst nicht beteiligt ist, in Leimlösungen oder Leimgallerten sehr viel langsamer vor sich, als in wässerigen Lösungen, weil die Körper nur langsam durch Diffusion im Leim zueinander gelangen können. Um den zeitlichen Ablauf des Entwicklungsvorganges erheblich zu verlängern, wurden Bromsilberaufschwemmungen in Leim in der üblichen Weise hergestellt und dann Objektträger mit ganz dünnen Schichten dieser Aufschwemmung überzogen. Die gesamten Objektträger wurden nun alle zugleich belichtet und dann verschieden lange in derselben Entwicklungslösung entwickelt. Die Figuren 5 bis 8 zeigen das Ergebnis dieser Ver-

Digitized by Google

suche. Figur 5 ist in Leim aufgeschwemmtes Bromsilber vor der Entwicklung. Figur 6 zeigt die ersten Spuren der Entwicklung und Figur 7 den weiteren Fortgang derselben. In Figur 6 sieht man von den Körnern feine kürzere oder längere fadenförmige Gebilde ausgehen, die meist in einem Knöpfchen endigen. Manchmal ist außer dem Endknöpfchen noch eine kleine Verdickung im Verlauf des Fadens zu sehen. Natürlich erstrecken sich diese Gebilde nach allen Richtungen des Raumes; im Mikrophotogramm werden nur die in der Einstellebene liegenden scharf abgebildet, die anderen durchziehen scheinbar das Korn als mehr oder minder deutliche dunklere Gebilde, die manchmal das Korn in einzelne Fächer zu teilen scheinen. In der Tat kann man, wenn man derartige Schichten mit einem Tropfen heißen Wassers flüssig macht, wenn ein Körnchen in Bewegung gerät und in der Flüssigkeit rollt, manchmal sehen, daß es ähnlich wie ein Morgenstern überall mit solchen Gebilden besetzt ist. Wenn man etwas länger entwickelt, bekommt man Gebilde, die in Figur 7 dargestellt sind. Man sieht deutlich, daß das schwarze entwickelte Korn sich außerhalb des hellen Ringes gebildet hat, der das ursprüngliche Korn darstellt. Für diese Gebilde mußten neue Bezeichnungen eingeführt werden, da ihr Dasein und ihre Bedeutung bisher unbekannt waren. Ich schlage vor, die Körner, von denen diese kleinen fadenförmigen Gebilde ausgehen, mit dem Worte Ausgangskörner zu bezeichnen. Die kleinen Gebilde selbst werden im folgenden als Keime bezeichnet werden, und das schwarze, durch die Entwicklung um diese Keime herum gebildete Korn wird „entwickeltes Korn“ genannt werden. Zwei Fragen drängen sich uns hier von selbst auf; erstens, wie entstehen die Keime, und zweitens, wie entsteht das entwickelte Korn. Es scheint mir wahrscheinlich, daß die Keime aus den Ausgangskörnern durch einen explosionsähnlichen Vorgang hervorgehen. Kleine Körperchen werden von dem Ausgangskorn weggeschleudert, und bilden im Leim gerade oder unregelmäßig gekrümmte Schußkanäle. Häufig kann man am Ende des Kanals das Körperchen noch als Endknöpfchen wahrnehmen. Manchmal ist der größte Teil des Körperchens an den Wänden des Kanals hängen geblieben. Beide Gebilde, das Endknöpfchen und der Kanal, sind die Keime, an denen die Entwicklung beginnt; der Kanal natürlich nur da, wo Teilchen an seinen Wänden hängen geblieben sind. Hier und da kommt es vor, daß im Kanal sehr wenig hängen geblieben ist; dann sieht man das Körperchen entweder ganz gesondert vom Ausgangskorn oder nur durch einen kaum sichtbaren Schatten mit demselben verbunden. Die hier beschriebenen Gebilde kann man vorderhand nur dadurch sichtbar machen, daß man ganz kurz anentwickelt. Ich werde jedoch in kurzer Zeit weitere Mit-

Digitized by Google

teilungen hierüber folgen lassen. Denen, die diese Versuche wiederholen möchten, will ich nur sagen, daß diese Gebilde ziemlich schwer und nur mit den allerbesten Ölimmersionen zu sehen sind. Ich möchte an dieser Stelle der Firma Zeiß in Jena bestens danken für die liebenswürdige und verständnisvolle Unterstützung und Förderung meiner Arbeit. Die Mikrophotogramme dieser zum Teil außerordentlich schwer darstellbaren Gebilde habe ich mit einem Apochromaten von 2 mm Brennweite und 1,40 numerischer Apertur gemacht. Wenn man die Entwicklung weiter fortsetzt, sieht man in Figur 7, daß sich um die Keime herum schwarze Massen, die Anfänge des entwickelten Kornes, angesetzt haben. Figur 7 zeigt deutlich, daß die Entwicklung außerhalb des Ausgangskornes vor sich geht, und daß das Ausgangskorn selbst durch die Entwicklung in seiner Gestalt nicht verändert wird.

Wenn man die Entwicklung unter dem Mikroskop verfolgt und sich eine Reihe von Präparaten ansieht, findet man manchmal neben den Ausgangskörnern mit den daran hängenden schwarzen, entwickelten Körnern noch kaum sichtbare schattenhafte Gebilde, die aussehen wie halb aufgelöste Bromsilberkörner. Es lag nahe, anzunehmen, daß ein Teil der ursprünglichen Bromsilberkörner vielleicht bei der Belichtung nicht Keime gebildet haben möchte und daß diese Gebilde vom Entwickler aufgelöst und in veränderter Form an den Keimen als schwarzes entwickeltes Korn wieder niedergeschlagen sein könnten. Wenn man der Entwickler-Lösung ein klein wenig unbelichtetes, also keimfreies Bromsilber zusetzt und mit dieser Lösung entwickelt, dann findet man in der Tat in der Schicht eine Anzahl zarter, halb gelöster Bromsilberkörner, Fig. 8. Da der Entwickler bereits etwas Bromsilber enthielt, war er imstande, zugleich mit dem in der Schicht vorhandenen das zugesetzte Bromsilber für die Bildung des entwickelten Kornes aufzulösen. Es wurden also die Bromsilberkörner, die sonst das entwickelte Korn bilden, etwas geschont, und der Vorgang hierdurch deutlicher gemacht. Augenscheinlich sind diese Körner in gewissem Sinne der Bildungskörper für das schwarze entwickelte Korn. Ich schlage für diese Körner die Bezeichnung Nährkörner vor. Ich verdanke diese Bezeichnung, die mir sehr treffend zu sein scheint, Herrn Dr. Siedentopf in Jena. Die Darstellung dieser schattenhaften Nährkörner ist nicht ganz leicht; man muß die Beleuchtung hierbei passend einrichten. Bequem sichtbar sind sie in den allerersten Anfängen der Entwicklung: Neben den keimtragenden Ausgangskörnern sieht man eine ganze Anzahl von Körnern, die keine Keime zeigen. In der nächsten Versuchsreihe wurde das Lösungsverhältnis des Entwicklers geändert. Figur 9 zeigt unentwickeltes, Figur 10 mit 1%iger und Figur 11 mit 10%iger Rodinallösung entwickeltes Korn. Selbstverständlich wurde

Digitized by Google

in dieser Versuchsreihe nichts weiter geändert als das Lösungsverhältnis des Entwicklers. Aus ihr geht hervor, daß stärkere Entwicklerlösungen unter sonst gleichen Umständen ein größer entwickeltes Korn bilden. Auch die Figuren 12 und 13 geben ein gutes Bild über die Bedeutung des Lösungsverhältnisses des Entwicklers. Beide Schichten sind stark überbelichtet; Figur 12 ist in dünner und Figur 13 in einer zehnmal stärkeren Lösung entwickelt. Man sieht, daß die stärkere Lösung noch eine ganze Menge von Nährkörnern zu lösen vermochte, die die dünnere Lösung unberührt ließ. In der nächsten Versuchsreihe, Figur 14, 15 und 16, wurde die Belichtungszeit geändert. Figur 14 ist eine stark unterbelichtete, Figur 15 eine richtig belichtete (Optimum) und Figur 16 eine stark überbelichtete Schicht. Alle anderen Bedingungen waren wiederum für die drei Platten die gleichen. Man sieht, daß bei einer gewissen Belichtung (Optimum) alle Nährkörner verschwunden sind und daß in dieser Schicht die Entwicklung die größten entwickelten Körner gebildet hat. Sowohl in der unterbelichteten, wie in der überbelichteten Schicht sind eine ganze Menge ungelöster Bromsilberkörner zu sehen. Wie bereits oben gezeigt, hätte man diese nicht gelösten Nährkörner ganz oder zum Teil durch einen erheblich stärkeren Entwickler lösen und zur Bildung schwarzen entwickelten Korns zwingen können. Man kann also nur dann von einem „Optimum“ der Belichtung sprechen, wenn man dabei an eine ganz bestimmte Art der Entwicklung denkt. Merkwürdig ist diese Ähnlichkeit der unter- und der überbelichteten Schicht. Augenscheinlich sind in der unterbelichteten Schicht zu wenig Keime gewesen und in der überbelichteten Schicht zu viele. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Entwicklung eine Art von elektrolytischem Vorgang ist und daß die Spannungsdifferenz zwischen Ausgangs- und Nährkörnern und die Lösungs- und Leitfähigkeit des Entwicklers für die Bildung des entwickelten Kornes maßgebend sind. Eine merkwürdige Erscheinung zeigen die Bilder 17 und 18. In Figur 17 war die Aufschwemmung etwas kornreicher wie in Figur 18. Merkwürdigerweise ist, trotzdem alle Versuchsbedingungen für die beiden Schichten genau gleich waren, in der kornärmeren Schichtstelle ein viel kleineres entwickeltes Korn gebildet worden, wie in der kornreicheren. Wenn man bedenkt, daß in der kornärmeren Schicht der Abstand eines Ausgangskorns von einem Nährkorn größer war wie in der kornreichen Schicht, wird man diese Erscheinung wohl verstehen.

Was wir an der Gestalt des Kornes beobachtet haben, wollen wir nun auch an Querschnitten durch die Schicht untersuchen. Hierdurch wird uns die räumliche Anordnung und die Abhängigkeit dieser Erscheinungen von der Dicke der Leimschicht und der Diffusion klar

Digitized by Google

werden. Figur 19 und 20 zeigen uns verschiedene Zeiten der Entwicklung. In Figur 19 hat der Entwickler gerade eben begonnen, in den obersten Leimschichten ein feines Korn zu bilden, in Figur 20 ist er bis zum Glas vorgedrungen und hat auch in den tiefsten Schichten entwickelte Körner gebildet. In den Versuchen Figur 21 und 22 wurde der Einfluß der Belichtung untersucht. In Figur 21 wurde kurz und in Figur 22 lange belichtet. Beide Schichten wurden natürlich gleich lange, und zwar ziemlich lange entwickelt. Aus diesen Versuchen geht hervor, daß bei kurzer Belichtung die Mehrzahl der belichteten Körner in den obersten Schichten liegt, während mit zunehmender Belichtung auch in den tieferen Schichten Ausgangskörner gebildet werden. Wir werden uns dieser Tatsache später noch einmal zu erinnern haben, wenn wir die Abschwächung besprechen. In den Figuren 23 bis 26 ist untersucht, ob die Belichtung von der Schicht oder von der Glasseite her einen erheblichen Einfluß auf das Zustandekommen von Verschiedenheiten in der räumlichen Anordnung der Körner zur Folge hat. Figur 23 ist von der Schichtseite und Figur 24 gleich lang von der Glasseite belichtet worden. Selbstverständlich waren alle anderen Versuchsbedingungen dieselben. Merkwürdigerweise sind auf den ersten Blick nur ganz geringe Unterschiede wahrzunehmen, und erst bei genauerem Zusehen bemerkt man, daß in Figur 24 die oben liegenden entwickelten Körner ein klein wenig kleiner sind als in Figur 23. Augenscheinlich haben in diesem Fall die unteren Schichten der Leimschicht als Lichtfilter gedient, so daß die Lichtwirkung in den oberen Schichten etwas geringer war als in Figur 23, wo das Licht zuerst auf die obersten Schichten auffiel. Die beiden Schichten wurden nur kurz entwickelt, so daß sie, von der Rückseite aus gesehen, keinen Unterschied zeigten. Die Figuren 25 und 26 wurden auf ähnliche Weise gewonnen, nur wurde die Entwicklung erheblich weiter getrieben, so daß die von der Glasseite belichtete Platte ein wenig dunkler aussah als die von der Schichtseite belichtete, beide von der Glasseite betrachtet. Ebenso wie bei den Figuren 23 und 24 liegen die größten und meisten Körner nahe der freien Oberfläche, und nur in den tiefsten Schichten zeigt die von der Glasseite belichtete Platte, Fig. 26, eine unbeträchtliche Vermehrung der Menge des entwickelten Kornes. Die Tatsache, daß unter allen Umständen in den obersten Schichten die meisten und größten entwickelten Körner liegen, kommt so zustande, daß die Entwicklungszeit und die Lösungsstärke des Entwicklers für die oberen freiliegenden Teile der Schicht größer sind als die für die unteren, da der Entwickler erst langsam in die unteren Teile hineindiffundieren muß.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß Ammoniumpersulfat und Blutlaugensalz ganz verschieden abschwächen. Ammoniumpersulfat greift die

Digitized by Google

kornreicheren Stellen verhältnismäßig mehr an als die kornärmeren, und Blutlaugensalz wirkt umgekehrt. Wenn man Querschnitte durch mit Ammoniumpersulfat und Blutlaugensalz abgeschwächte Schichten macht, bekommt man Bilder wie Figur 27 und 28. Die Versuchsanordnung war folgende: Es wurde eine Negativplatte dem Licht ausgesetzt, entwickelt, fixiert, gewaschen, in zwei Teile geschnitten, und dann wurden die beiden Teile der eine mit Ammoniumpersulfat, Fig. 28, und der andere mit Blutlaugensalz, Fig. 27, so abgeschwächt, daß die beiden Stellen an Lichtdurchlässigkeit gleichviel gewannen. Man sieht, daß das Blutlaugensalz nur in den obersten Schichten gewirkt hat, hier aber alles Korn aufgelöst hat, während es in den untersten Schichten überhaupt nicht gewirkt hat. Das Ammoniumpersulfat dagegen hat von oben bis unten alle Körner gleichmäßig verkleinert. Die beiden Schichten sahen vor der Abschwächung genau so aus wie der in Figur 27 stehen gebliebene untere Teil.

Wir haben oben gesehen, daß schwachbelichtete Teile nur in den oberen Schichten Körner zeigen, in stark belichteten reichen die Körner dagegen erheblich weiter in die Tiefe. Das Schema Figur 29 macht uns klar, warum Ammoniumpersulfat weich und Blutlaugensalz hart abschwächen muß. Figur 29 zeigt uns das Schema einer mit verschiedenen Helligkeiten belichteten Schicht. Die treppenförmige Anordnung der entwickelten Körner in derselben entspricht den wirksamen Lichtmengen. Figur 29b zeigt die Wirkung des Blutlaugensalzes und Figur 29c die Wirkung des Ammoniumpersulfates. Wir wollen die Lichtdurchlässigkeit einer Plattenstelle mit L bezeichnen, die Undurchlässigkeit mit U und die Silbermenge mit S. Wenn wir nun so mit Ammoniumpersulfat abschwächen, daß die Silbermenge an allen Stellen um die Hälfte vermindert wird, dann verhält sich die frühere Undurchlässigkeit zu der durch Abschwächung hergestellten wie $U : \sqrt[2]{U}$.

Nehmen wir z. B. eine dichte Stelle an, welche die Undurchlässigkeit 100 hat, also nur $^1/_{100}$ des auffallenden Lichtes durchläßt, und eine dünnere Stelle von der Undurchlässigkeit 9, die also ein Neuntel durchläßt. Nach einer Abschwächung, welche die Hälfte der Silbermenge auflöst, wird die dichte Stelle die Undurchlässigkeit $\sqrt[2]{100} = 10$, haben, die dünne die Undurchlässigkeit $\sqrt[2]{9} = 3$. Hieraus geht klar hervor, wie die Abschwächung mit Ammoniumpersulfat die Negative weicher macht. Daß die Abschwächung mit Blutlaugensalz in den zarten Stellen alle Körner auflöst, während sie in den kornreichen Stellen verhältnismäßig viel stehen läßt, geht aus den Figuren 27 und 29 ohne weiteres hervor. Augenscheinlich hängt die Wirkung, d. h. ob der Abschwächer hart oder weich abschwächt, ab:

Digitized by Google

1. Von der Geschwindigkeit, mit der der Entwickler in die Schicht eindringt, und:

2. Von der Geschwindigkeit, mit der er die Körner auflöst.

Blutlaugensalz ist ein verhältnismäßig langsam diffundierender und rasch kornlösender Abschwächer, Ammoniumpersulfat dringt verhältnismäßig rasch in die Schicht ein und löst die entwickelten Körner langsam.

Auf dem Verhältnis zwischen Diffusions- und Wirkungsgeschwindigkeit beruht die von Obernetter angegebene und neuerdings von Hans Werkner wieder empfohlene Art des Abschwächens harter Negative, die darin besteht, daß man das Bild zunächst ausbleicht, d. h. das schwarze entwickelte Korn wieder in ein weißes lichtempfindliches und entwickelbares Korn überführt, welches im Fixierbad löslich ist. Man bleicht nach diesem Verfahren mit einer Lösung von 10 g Kaliumbichromat in 100 ccm Wasser und 2 bis 3 ccm Salzsäure das Bild aus und entwickelt es von neuem mit einem alkoholischen Entwickler, der langsam in die Schicht eindringt. Man merkt sich diejenigen Stellen, die gerade die richtige Dichtigkeit hatten, und entwickelt so lange, bis, von der Glasseite gesehen, diese Stellen schwarz geworden sind. Die dichteren Stellen werden dann, von der Glasseite aus betrachtet, noch weiß aussehen. Nun bringt man die Platte ins Fixierbad und löst die in den Tiefen liegenden, noch nicht wieder entwickelten, weiß gebliebenen Körner auf. Augenscheinlich sind durch diese Art der Abschwächung die silberarmen Stellen, die kurz belichtet waren und in denen das entwickelte Korn nur an der Oberfläche lag, nicht angegriffen, in den dichteren Stellen dagegen haben wir gewissermaßen auf einem Umwege von der Glasseite herkommend einen beliebigen Teil der tiefsten Schichten des entwickelten Kornes aufgelöst. Auf diese Weise kann man die härtesten Negative beliebig weich machen, ohne eine Spur von Deckkraft (Lichtundurchlässigkeit) in den zarten Stellen zu verlieren. Fig. 30 und 31.

Ein weiterer, merkwürdiger Vorgang wird uns ebenfalls aus dem Obengesagten klar: Wenn man ein Bild in einigen Teilen stark solarisiert hat, so daß diese Teile bereits umgekehrt, d. h. heller als die weniger belichteten sind, und dieses Bild dann mit Blutlaugensalz abschwächt, dann kann es vorkommen, daß durch die Abschwächung die Wirkung der Solarisation aufgehoben wird, d. h. daß die solarisierten Stellen nach der Abschwächung dunkler aussehen wie die nicht solarisierten. Die Figuren 32 und 33 machen dies ohne weiteres klar. Wir brauchen nur die obere Hälfte der beiden Bilder zuzudecken, dann wird, wenn wir etwa bis in die Mitte abdecken, die untere Hälfte der solarisierten Schicht etwas mehr und größere Körner zeigen wie die untere Hälfte der nicht solarisierten. Während also vor der Abschwächung die nicht

Digitized by Google

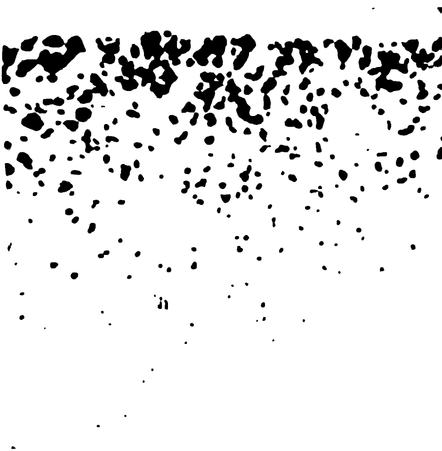


Fig. 23.



Fig. 24.

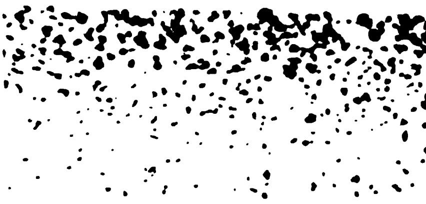


Fig. 25.



Fig. 26.



Fig. 27.

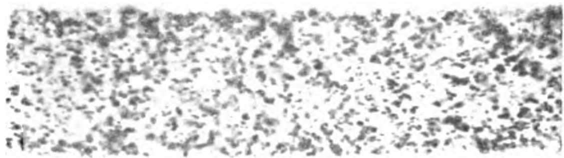


Fig. 28.

Digitized by Google

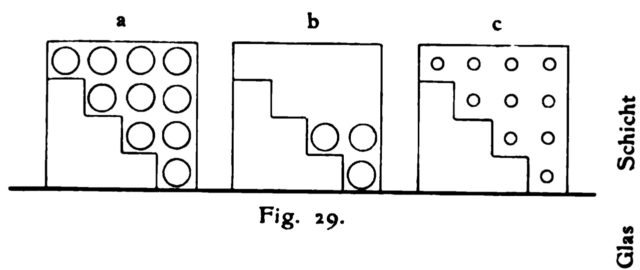


Fig. 29.

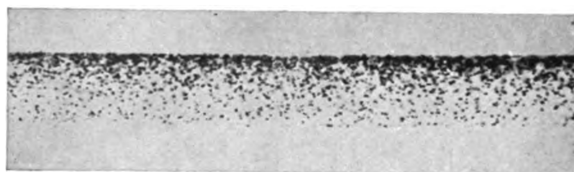


Fig. 30.

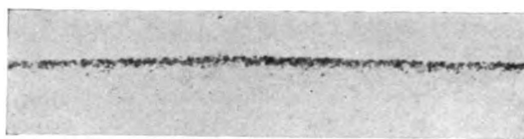


Fig. 31.

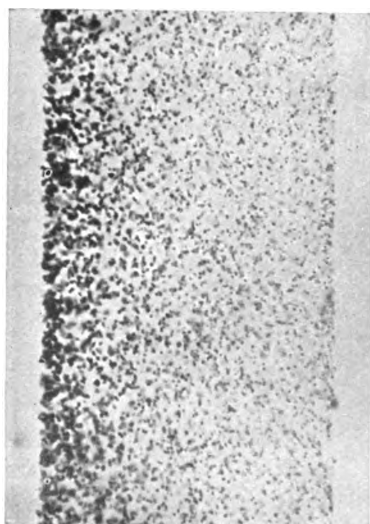


Fig. 32.

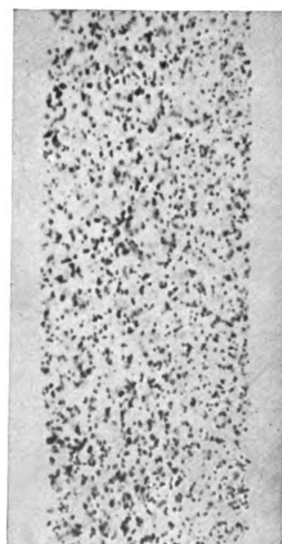
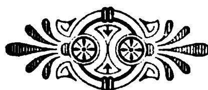


Fig. 33.

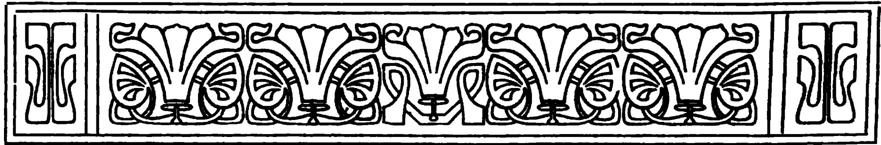
Digitized by Google

solarisierte Stelle viel weniger lichtdurchlässig war als die solarisierte, weil sie in ihren obersten Teilen sehr viel große entwickelte Körner hatte, wird sie nach der Abschwächung mit Blutlaugensalz lichtdurchlässiger werden als die solarisierte Stelle, weil diese in den tiefen Teilen mehr und größere entwickelte Körner hat als die nicht solarisierte Stelle. Hierzu kommt noch, daß die solarisierte Stelle aus hier nicht näher zu erörternden Gründen den Abschwächer etwas langsamer eindringen läßt als die nicht solarisierte Stelle. Bei der Solarisation tritt eine Art von Härtung der Leimschicht ein.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Zeißwerk in Jena für die vorzügliche optische und mikrophotographische Ausrüstung sowie Herrn W. Loew, in Firma R. Jung, in Heidelberg für das ausgezeichnete Mikrotom zu danken. Die besagten Hilfsmittel haben mir bei diesen teilweise recht mühsamen Untersuchungen sehr gute Dienste geleistet.



Digitized by Google



Ein Fortschritt der Farbenphotographie.

(Das Lumièresche Autochromverfahren.)

Von **Kurt Joël** in Halensee.

Mit dem Prophezeien auf naturwissenschaftlichem und technischem Gebiet ist es oft eine heikle Sache. Noch keine 70 Jahre sind verflossen, da trat (am 30. Juli 1839) der große Physiker und Chemiker Gay-Lussac vor der französischen Kammer zugunsten der Kunst Daguerres ein und begann seine erfolgreiche Fürsprache mit folgenden Worten: „Wir wollen übrigens gleich anfangs bemerken, ohne jedoch das Verdienst dieser schönen Erfindung irgendwie verringern zu wollen, die Palette des Malers ist nicht sehr reich an Farben, schwarz und weiß bilden sie allein. Das Bild mit den natürlichen und abwechselnden Farben wird lange Zeit, vielleicht auf immer, eine unbeantwortete Anforderung an den menschlichen Scharfsinn bleiben."

Diese „unbeantwortete Anforderung an den menschlichen Scharfsinn" ist jetzt zum großen Teile erfüllt worden. Wir haben heute bereits mehrere praktische Methoden, um mit Hilfe der lichtempfindlichen Platte Bilder zu erzeugen, die in ihren Farben der Natur nahekommen. Fast ein Menschenalter vor Daguerres Forschungen waren freilich schon die ersten Beobachtungen auf dem Gebiete der Farbenphotographie gemacht worden. 1810 teilte Goethe im Anhang zur „Geschichte der Farbenlehre" eine bedeutsame Beobachtung des Physikers Seebeck mit. Dieser hatte nämlich gefunden, daß sich unter gewissen Umständen die Farben des Spektrums auf einem mit Chlorsilber bestrichenem Papier wiedergeben lassen. Doch so eifrig auch sonst auf dem Gebiete der Lichtbildkunst gearbeitet wurde, man maß einer derartigen Beobachtung oder ähnlichen, die darauf hinwiesen, daß ein Körper nicht bloß seine Umrisse auf eine Chlorsilberschicht, die man auf Papier oder einer Silberplatte aufgetragen hat, aufzeichnet, sondern noch seine natürlichen Farben dazu herleiht, keine sonderliche Bedeutung bei; man sah darin nur eine zufällige Begleiterscheinung oder gar ein fehlerhaftes Experimentieren. Erst als

Digitized by Google

man genauer auf den Zusammenhang zwischen Natur- und Bildfarben einging, als namentlich der Berliner Forscher Wilhelm Zenker nachwies, daß die Farben hauptsächlich durch Interferenz von Lichtwellen entstehen, da war man sich klar, daß hier mehr als ein bloßer Zufall waltete.

Auf Zenkers theoretische Darlegungen baut der bekannte französische Physiker Gabriel Lippmann (1891) auf. Er läßt die Farben durch „stehende Wellen" sich bilden, die die Lichtstrahlen, von einer der lichtempfindlichen Schicht unmittelbar anliegenden (spiegelnden) Quecksilberschicht zurückgeworfen, in jener hervorrufen. Wir haben es hier mit den „Farben dünner Blättchen" zu tun, an denen sich ja auch die Kinder, wenn sie Seifenblasen machen, ergötzen. Lippmann benutzt also die Lichteinwirkung selber zur Wiedergabe der im Bilde erscheinenden Farben. So einfach auch dieser direkte Weg zur Farbenwiedergabe erscheint, in der Praxis hat er bisher nur wenig Eingang gefunden und wird ihn — aller Wahrscheinlichkeit nach — in absehbarer Zeit auch kaum finden. Von dem fixierten, d. h. gegen jede weitere Lichteinwirkung unempfindlichen Bilde lassen sich — wenigstens bis heute — keine Abzüge machen. Wir haben von jeder Aufnahme nur ein Bild. Aber auch die Daguerrotypie lieferte nur ein Bild. Wie viele Hindernisse galt es zu überwinden, bevor aus der nicht kopierfähigen und nur nach minutenlanger Belichtung zustande kommenden Daguerrotypie das heutige, auf der empfindlichen Glasplatte in dem winzigen Bruchteil einer Sekunde erzeugte und beliebig oft zu wiederholende Momentbild oder auch der künstlerisch vollendete Gummi- oder Kohledruck entstand. Indes der Umstand, daß die nach Lippmanns Verfahren erhaltenen Bilder nicht reproduzierbar sind, ist noch nicht das schlimmste. Man muß auch stundenlang exponieren; das läßt sich natürlich nur bei toten Gegenständen durchführen. Dann aber bedarf es neben großer Geduld auch ganz besonderer Geschicklichkeit, um gute Lippmann-Bilder zu erhalten. Dr. Neuhauß, der in Deutschland wohl am erfolgreichsten mit diesem Verfahren gearbeitet hat, meinte einmal ganz resigniert, gute Lippmann-Bilder seien so selten wie taubengroße Diamanten. Es liegt darin ja ein bißchen Übertreibung; sah man doch von ihm selber verhältnismäßig viel gute Aufnahmen. Noch mancherlei anderes kommt hinzu, das die Lippmann-Photographie, zweifellos die wissenschaftlich interessanteste Betätigung der Photographie in natürlichen Farben, daran hindert, allgemeinere Verbreitung zu finden. Noch heute gelten die skeptischen Worte aus der Rede, die der Photochemiker Prof. Dr. Miethe als Rektor der Berliner Technischen Hochschule im Jahre 1905 hielt: „Ich glaube, daß, wenn nicht ganz neue Wege der direkten Farbenphotographien gefunden werden, die Aussichten, dieselben zu einem nutzbaren Werk-

Digitized by Google

zeuge menschlicher Erkenntnis zu machen, gering sind." Ich hätte mich bei dem Lippmannschen Verfahren, dem einzig bisher wirklich in Anwendung gekommenen Verfahren, um farbige Bilder direkt herzustellen, nicht so lange aufgehalten, wenn nicht wiederholt in Tageszeitungen zu lesen gewesen wäre, das Lumièresche Verfahren, dessen Betrachtung wir uns nunmehr zuwenden wollen, sei eine Vervollkommnung des von Lippmann angestrebten.

Durchaus nicht. Die Gebrüder Lumière gehen nicht direkt, sondern indirekt vor.

Erfindungen entstehen sehr selten mit einem Schlage vollkommen gebrauchsfertig, sie gehen nicht — wie Pallas Athene völlig gewappnet aus dem Haupte des Zeus — aus der Gedankenstätte des Erfinders in untadelhafter Vollendung hervor. Oft bedarf es jahrzehntelanger Verbesserungen und Abänderungen, bevor eine Erfindung wirklich brauchbar ist. Der Weg, den die Gebrüder Lumière beschritten, war schon oft vor ihnen und nicht ohne Erfolg versucht wordsn. Schon Ducos du Hauron hat in seinem Werke „La Photographie indirecte des Couleurs 1868" den Weg klar angegeben und das darin angegebene Verfahren auch patentieren lassen (23. November 1868). Auch er knüpft an Bekanntes an.

Im Beginn des 18. Jahrhunderts hatte Newton die Theorie aufgestellt, daß alle in der Natur vorkommenden Farben sich aus den drei Grundfarben, rot, grün, blauviolett, herstellen lassen. Das hatte der Kupferstecher Jacob Christoph le Blon — ob mit oder ohne Kenntnis der Newtonschen Theorie mag dahingestellt bleiben — praktisch ausgenutzt als er im Anfang des 18. Jahrhunderts seinen Farbendruck in der Art ausführte, daß er drei farbige Platten übereinander abdruckte. Der englische Physiker Thomas Young ging dann weiter, er glaubte zu der Annahme berechtigt zu sein, daß das menschliche Auge drei verschiedene Nervenarten, die je für die Farben rot, grün und blauviolett empfindlich sind, besitzt. Helmholtz übernahm diese Erklärung des Farbensehens, und wenn auch neuere Untersuchungen, so namentlich die von Baehlmann, den Nachweis erbracht haben, daß die Vorgänge der Farbenempfindungen in unserm Auge weit verwickelter sind, als es die Young-Helmholtzsche Theorie vermuten ließ, so ist sie doch die Grundlage für unser so hochentwickeltes Dreifarbendruckverfahren und für die Dreifarbenphotographie geworden. Ducos du Hauron ging nun von folgenden Überlegungen aus: Habe ich drei Farbstoffe (Pigmente), von denen jeder nur je einer der drei Farbenempfindungen in unserem Gehirn entspricht, so muß ich es dahin zu bringen suchen, daß ich drei Einzelaufnahmen meines farbigen Gegenstandes hintereinander auf drei mit solchen Pigmenten versehene Platten bekomme, indem ich gleichzeitig

Digitized by Google

die nicht dem Pigment entsprechenden Farbenstrahlen durch ein geeignetes „Strahlen-“ oder „Farbenfilter“ gehen lasse. Ducos du Hauron zeigt dann weiter, daß, wenn man jedes Negativ mit der in ihm ausgeschlossenen Farbe abdruckt, die drei Abdrücke in genauer Deckung wieder auf ein und derselben Unterlage vereint, daß dann die drei Teilbilder sich zum ursprünglichen Vollbilde vereinen, und den Gegenstand in seiner wirklichen Farbigkeit abbilden. In dieser nun fast vierzig Jahre alten Auseinandersetzung ist der autotypische Dreifarbendruck, wie er aus kleinsten gelben, blauen und roten Punkten auf subtraktivem Wege entsteht — von der vorhandenen weißen Papierunterlage wird durch die aufgedruckten Farben mehr oder weniger weggenommen — klar angedeutet, nicht minder deutlich das sogenannte additive Verfahren, wie wir es heute z. B. bei der so vollendeten Mietheschen Dreifarbenphotographie haben. Hier werden bekanntlich von den drei Teilnegativen Diapositive hergestellt, im Dreifarbenprojektionsapparat projiziert und so die farbigen Strahlen auf einer Fläche vereinigt.

So glänzend und einleuchtend auch du Haurons Darlegungen sich ausnehmen, sie waren vor vierzig Jahren noch ein totes Gut; es fehlte so gut wie alles zu ihrer Verwirklichung.

Vorerst mußte man farbenempfindliche Platten schaffen, die für besondere Lichtarten eigens empfindlich waren. Erst seitdem H. W. Vogel gezeigt hat, wie durch besondere Farbenbeimischungen zur empfindlichen Schicht das erreicht wird, — ein Verfahren, das mit und nach ihm namentlich Miethe ausgebildet hat — gibt es einen Dreifarbendruck und eine brauchbare Photographie in natürlichen Farben, die sich — auch in ihrer weiteren Entwicklung — bewußt an den Dreifarbendruck anlehnt. Die farbenempfindliche Platte ist inzwischen zur panchromatischen Platte vervollkommnet worden, auf die fast alle Farben des Spektrums — freilich in verschiedenem Grade — eine merkliche Wirkung ausüben.

Schon in seiner „Photographie indirecte des Couleurs“ verhehlt sich Ducos du Hauron nicht, daß die dreifache Aufnahme viel Mißlichkeiten im Gefolge habe, zumal es notwendig sei, daß der aufzunehmende Gegenstand während einer verhältnismäßig langen Zeit unveränderlich und unbeweglich bleibe. Er fragt sich, ob man nicht mit einer einzigen Aufnahme auskommen könne. Er hat auch gleich die richtige Antwort gefunden. Man braucht nur ein Farbenfilter zu wählen, das nicht aus einer Farbe besteht, sondern bei dem die drei Grundfarben lückenlos in Gestalt von sehr feinen Linien so aufeinander folgen, daß sie sich immer zu Weiß ergänzen. Durch ein solches Filter hindurch wird die lichtempfindliche Platte belichtet. Entwickelt man sie, so wird sie grau wie jedes Negativ ausschauen; nur feine Streifen mit mannigfachen Ab-

Digitized by Google

stufungen der Deckung wird man bei näherem Zusehen bemerken. Sie zeigen sich auch, wenn man aus dem Negativ durch Kontakt auf einer anderen Platte das Positiv herstellt. Von Farben ist vorläufig nichts zu entdecken; sie erscheinen in dem Augenblick, wo ich mein Farbfilter, durch das ich belichtete, genau in der ursprünglichen Belichtungslage auf das Positiv bringe. Jetzt habe ich in der Durchsicht ein farbenprächtiges, wirkungsvolles Bild. Was der scharfsinnige Franzose so siegesgewiß voraussagte, das sollte erst mehr als zwei Jahrzehnte später durch Versuche erprobt werden. 1892 meldete der Amerikaner Mac Donough ein Patent an, wonach dreifarbige Strahlenfilter, die gewöhnlich durch Liniieren hergestellt wurden, während der Aufnahme unmittelbar vor die photographische Platte in der Kamera gebracht wurden. Die Linien des Filters sind abwechselnd blau, grün und rot und so fein gezogen, daß sechs bis zehn von ihnen nur die Breite eines Millimeters einnehmen. Die belichtete Platte wird entwickelt und zur Herstellung eines Kontaktdiapositivs benutzt. Bringt man dies in richtige Verbindung mit dem zur Aufnahme verwendeten Strahlenfilter, so erhält man das fertige Bild, das in der Durchsicht farbig erscheint und zur Projektion geeignet ist.

Genau das gleiche Verfahren schlug kurze Zeit darauf der Dubliner Professor Joly ein, der es noch weiter ausbildete und bis zu einer gewissen Vollkommenheit führte. Auch er benutzt zu seinen Aufnahmen ein Filter, das aus drei verschieden gefärbten Liniensystemen besteht. Diese sogenannten Raster stellte man ursprünglich aus Glasfäden, später aus Seidenfäden her, über die ein Lack aufgetragen wurde. Aber in der Praxis konnte man mit solchen Rastern nicht viel anfangen, und man ging dazu über, die Linien durch eigens konstruierte Federn in den drei Grundfarben zu ziehen. So erhielt man — kein sehr großer Fortschritt — zwei Serien Linien auf die Breite eines Millimeters. Nach der Aufnahme durch einen solchen Raster mußte natürlich auch das fertige Bild mit Hilfe eines gleichen Rasters betrachtet werden, um farbig zu erscheinen. Dabei gilt es, Raster und Platte richtig zur Deckung zu bringen. Nur so konnte man den richtigen Farbeneindruck erhalten. Aber selbst dann zeigte sich, namentlich wenn man das Bild bei einiger Vergrößerung betrachtete, ein Mißstand: Das farbige Projektionsbild muß die Farben nach der ganzen Art des Herstellungsprozesses in linienartiger Begrenzung zeigen. Das Akkomodationsvermögen unseres Auges kommt uns dabei zu Hilfe, indem es bereitwillig die Mischung übernimmt. Bei vergrößerter Projektion machen sich aber doch die in Streifen auftretenden Farben bemerkbar. Das Bild sieht aus wie eine höchst wunderbar gefertigte Stickerei auf Stramin.

Digitized by Google

Sollte ein wirksamer Fortschritt erzielt werden, so mußte man zweierlei beseitigen können: das lästige Zur-Deckung-Bringen der entwickelten Platte mit dem farbigen Raster und die streifenförmigen Filter. Die erste Bedingung war erfüllt, sobald man das Farbenfilter nicht vor die photographische Platte — also außerhalb des Negativs — brachte, sondern mit der Platte untrennbar vereinte, die zweite, sobald man die Filterschicht, durch die man hindurchphotographierte, nicht streifen-, sondern punktförmig in den drei Grundfarben anlegte. Dann konnte man durch Aufnahme auf einer einzigen Platte das erreichen, was bei den verschiedenen Methoden der Dreifarbenphotographie mittels Aufnahmen auf drei Platten und durch nachträgliche Wiedervereinigung der Farbenauszüge geschieht. Dreifarbenphotographie auf einer Platte in einem Prozeß, das war der lockende Lohn, den eine Verbesserung und Fortbildung des Jolyschen Verfahrens verhieß. Das ist das ganze Geheimnis der autochromen Platte, die die Gebrüder Auguste und Louis Lumière in Lyon nach mehrjährigem Bemühen geschaffen und auch bereits der photographischen Welt zur Verfügung gestellt haben.

Das klingt sehr einfach. Welche große Schwierigkeiten aber die beiden Forscher zu überwinden hatten, das werden wir leicht erkennen, wenn wir ein wenig bei dem Herstellungsprozeß der Lumièreschen Autochrom-Platte verweilen. Wir haben oben hervorgehoben, daß, wenn das lästige Zur-Deckung-Bringen zwischen Positiv und farbigem Raster wegfallen soll, die lichtempfindliche Schicht und die Farbenfilter untrennbar miteinander verbunden sein müssen, freilich so, daß keine unmittelbare Berührung zwischen beiden eintritt und dadurch vielleicht unbeabsichtigte chemische Vorgänge eingeleitet werden. Wie erreichen das die Gebrüder Lumière? Sie nehmen gewöhnliches, sehr dünnes, verhältnismäßig blasenfreies Trockenplattenglas, versehen es mit einem klebrigen Überzug, auf dem die nun aufgetragenen feinen, meist gleich großen Stärkekörnchen gut haften können. Es ist feiner Stärkepuder, dessen winzige, transparente Partikel annähernd in den Grundfarben rot, grün und blauviolett gefärbt sind. Die Wahl der Farben sollte so sein, daß sie zusammen ein reines Weiß ergeben. Indes hat eine Platte mit den gefärbten Stärkekörnchen einen ins Rötliche hineinspielenden grauen Ton. Das mag daher rühren, daß die grünen Körnchen überwiegen. Dr. Neuhauß, der sehr sorgfältige Auszählungen vornahm, fand, wie er am 7. Oktober d. J. in der freien photographischen Vereinigung mitteilte, daß von 100 solcher Körnchen 45 grün, 28 rot, 27 blau waren. Es muß nun Sorge getragen werden, daß die Körnchen eine einzige dünne Schicht bilden, nicht etwa eines das andere überdeckt. Jeder Überschuß muß daher entfernt werden. Es dürfen auch keine Lücken bleiben, sonst würde ja das Licht

Digitized by Google

direkt durch die Glasplatte anstatt durch die als Farbenfilterchen wirkenden mikroskopischen Kartoffelstärkekörnchen gehen. Die mikroskopische Untersuchung der aufgetragenen Farbenschicht läßt auch nirgends farblose Zwischenräume erkennen. Dies erreichen die Gebrüder Lumière ihrer eigenen Angabe nach dadurch, daß sie die Stärkekörnchen nach dem Auftragen zum Quellen bringen und in gequollenem Zustande durch leichten Druck aneinander pressen. Etwaige doch noch bleibende feine Lücken dürften durch sehr feine Kohlestäubchen von 0,07 mm Größe ausgefüllt werden. Die Größe der Stärkekörnchen ist verschieden. Dr. Neuhauß gibt die Größe des Korns auf $^1/_{60}$ bis $^1/_{80}$ mm an, Dr. Krügener, Frankfurt a. M. — selbst ein erfolgreicher Experimentator auf dem Gebiete der Farbenphotographie, der Ende Mai dieses Jahres im Atelier der Gebrüder Lumière einer Aufnahme mit Autochromplatten, deren Entwicklung, sowie überhaupt dem Fertigmachen der Bilder beiwohnte —, schätzte den Durchmesser der Körnchen auf ungefähr $^1/_{100}$ mm.

Kratzt man am Plattenrand an einer kleinen Stelle die Schicht ab und bringt darauf ein Blutströpfchen, so erscheint unter dem Mikroskop der Körnchendurchmesser doppelt so groß wie der eines roten Blutkörperchens vom Menschen. Da solche Blutkörperchen im Gegensatz zu Stärkekörnchen von völlig beständiger Größe sind und noch kleiner sind als jene — die des Schafes sind z. B. nur $^1/_{200}$ mm groß — so hätte es sich vielleicht empfohlen, diese anstatt der Stärkekörnchen zu benutzen. Indes mußten die Gebrüder Lumière von der Verwendung solcher Körperchen tierischen Ursprungs wegen des Wassergehalts und auch aus vielen anderen Gründen absehen. Auf einer Fläche von einem Quadratmillimeter konnte Dr. Krügener ungefähr 8000 gefärbte Körnchen zählen; das macht auf einen einzigen Quadratzentimeter 800000 und auf einer Platte von 9 : 12 cm rund 80 Millionen. Was wollen die sechs oder acht Linien Jolys gegen diese 8000 Miniaturfilter auf dem Quadratmillimeter bei der Platte der Gebrüder Lumière bedeuten!

Die so sorgfältig vorbereitete Stärkekörnerschicht wird mit einem isolierenden Lack überzogen. Auf diese äußerst feine Schutzhülle kommt die lichtempfindliche Schicht, die in reichem Maße Bromsilber enthält. Ob als Bindemittel für dieses Kollodium oder Gelatine verwandt wird, mag dahingestellt bleiben. Während Krügener, Valentin und Neuhauß übereinstimmend angeben, daß es sich um Kollodium handelt, waren die Platten, mit denen Dr. E. Koenig-Höchst und Dr. K. Gundlach-Jena sich beschäftigten, nach ihren Feststellungen Gelatineplatten. Das ist aber schließlich nebensächlicher Natur, vielleicht hat man es auch mit Fabrikgeheimnissen zu tun, die die Erfinder nicht sofort preisgeben wollen. Das wichtigste ist, daß wir eine panchromatische Emulsion vor uns

Digitized by Google

haben, die für alle Farben des Spectrums empfänglich ist und daher auch rotem Licht nicht ausgesetzt werden darf.

Jetzt können wir zu einer Aufnahme schreiten. Doch zuvor müssen wir noch vor das Objektiv ein besonderes Lichtfilter einschalten. Alle panchromatischen Platten — auch die Lumièreschen machen keine Ausnahme — sind für blaue Strahlen weit empfindlicher als für grüne und rote. Blaue und namentlich ultraviolette Strahlen wirken auf die Platte noch ein, während sie keiner dem Auge sichtbaren Farbe oder Nüance entsprechen. Das von Gebrüder Lumière abgestimmte, zu ihren Autochromplatten gehörige Gelbfilter hält die übermäßige Wirkung der ultravioletten und blauen Strahlen ab, während die grünen und roten Strahlen fast vollkommen durchgehen. Man hat vor oder nach dieser kurzen Vorbereitung die Platte bei völliger Dunkelheit so in die Kassette zu legen, daß die Belichtung von der Rückseite, also durch die Glasplatte bezw. die Stärkekörnchenschicht erfolgt. Die Belichtung erfordert, da wir einmal ein Gelbfilter eingeschaltet haben, zum anderen die lichtempfindliche Emulsion hinter Filtern — der farbigen Stärkekörnchenschicht — liegt, weit längere Zeit, als wenn wir eine hochempfindliche Bromsilbergelatineplatte ohne Filter benutzen. Man rechnet mit einer 30- bis 40fach längeren Belichtungszeit als unter gewöhnlichen Verhältnissen. Das klingt sehr hart. Aber wir brauchen nicht zu befürchten, daß wir stundenlang exponieren müssen wie bei dem Lippmannschen Verfahren. Herr August Lumière brauchte z. B. bei einer Porträtaufnahme des Dr. Krügener — bei bedecktem und nicht gerade hellem Himmel — im Atelier 20 Sekunden. Noch weniger Zeit gebrauchte z. B. Herr R. Schuster, Berlin, bei verschiedenen Porträtaufnahmen. Aber das hängt von der jeweiligen Beleuchtung, der Schärfe des Objektivs ab. Im Freien gelang es sogar, gute Porträtaufnahmen bei einer Expositionsdauer von kaum zwei Sekunden zu erzielen. Richtet man sich bei den Expositionszeiten nach den in der Gebrauchsanweisung empfohlenen, so erhält man — darin stimmen unsere erfahrensten Lichtbildkünstler überein — befriedigende Aufnahmen.

Nach der Exposition wird bei fast völliger Dunkelheit $2^1/_2$ bis 3 Minuten lang entwickelt, darauf die Platte rasch im Dunklen abgespült. Es ist also bis hierher genau das gleiche Verfahren wie sonst beim Photographieren, nur daß man bei völliger Dunkelheit arbeitet, sich auch streng davor hütet, Alkohol an die Platten zu bringen, da dieser die sehr feinen Schichten angreift. Wollten wir in altgewohnter Weise weiter verfahren, so hätten wir zu fixieren, und erhielten ein Negativ in den Komplementärfarben des aufgenommenen farbigen Gegenstandes. Man fixiert jedoch nicht, sondern führt das Negativ in ein

Positiv, das die richtigen Farben zeigt, über. Dies geschieht dadurch, daß man die Platte in eine Lösung von schwefelsaurem Kaliumpermanganat bringt. Die frei werdende Übermangansäure löst hierbei den beim Entwickeln entstandenen Niederschlag von metallischem Silber — also das, was beim gewöhnlichen Prozeß das Negativ bildet — auf, und es bleibt das durch den Entwickler noch unverändert gebliebene Bromsilber zurück, das nun von neuem entwickelt wird und somit ein Diapositiv bildet. Nun darf man getrost die Dunkelkammer verlassen und die weiteren Arbeiten — die Platten kommen noch in ein Oxydations-, ein Verstärkungs-, Klär- und Fixierbad — bei hellstem Tageslicht vornehmen. All die Operationen lassen sich sehr schnell hintereinander ausführen. Doch so unentbehrlich sie zum Gelingen eines guten Bildes, das auf der fertigen Platte mit seiner fast ungeschwächten Farbenpracht in der Durchsicht erscheint, sind, zum Verständnis des Wesens des Lumièreschen Autochromverfahrens bedürfen wir ihrer nicht.

Dies ist, wie schon oben betont wurde, eine Weiterausbildung des Jolyschen Verfahrens. Es verhält sich zu ihm wie etwa die Herstellung einer Autotypie in Kornmanier zu einer solchen in Strichmanier. Aber noch mehr, nicht bloß ist bei Lumière das unendlich feine Dreifarbenkornfilter an Stelle des plumpen Strichfilters getreten, und die panchromatische Schicht mit dem so überlegenen Farbfilter fest verbunden, auch das in der panchromatischen Schicht entstandene Negativ wird an der gleichen Stelle zum Positiv umgewandelt.

Da diese Auseinandersetzungen nicht dazu dienen sollen, um eine Unterweisung im Photographieren mit Lumièreschen Autochromplatten zu geben — jeder Amateur wird das an der Hand der den Platten beigegebenen Gebrauchsanweisungen ohne sonderliche Mühe selber können —, so genügte es, das Wesentliche und Neue im Lumièreschen Verfahren zu kennzeichnen. Es ist vielleicht nicht ohne Reiz, sich die physikalischen und chemischen Vorgänge bei der Belichtung noch einmal etwas genauer zu vergegenwärtigen.

Von jedem Punkt des farbigen Gegenstandes geht Licht aus. Es geht durch das Glas der Autochromplatte hindurch. Hierbei muß es sich, entsprechend seiner besonderen Zusammensetzung, durch die in den drei Grundfarben gefärbten Stärkekörnchen zerlegen. Je nach seiner Stärke und spektralen Zusammensetzung wird der einzelne Lichtstrahl auf das Bromsilber der photographischen Schicht hinter den einzelnen Stärkekörnchen einwirken. Ein roter Strahl z. B. wird nur von den roten Stärkekörnchen durchgelassen und schwärzt beim Entwickeln in entsprechender Weise die Schicht hinter den roten Körnchen. Fixierte man jetzt, so würde das Bromsilber hinter den blauen und grünen

Digitized by Google

Körnchen aufgelöst werden, und diese ließen nun blaues und grünes Licht hindurch. Die einzelnen Körnchen können aber bei ihrer Winzigkeit nicht mehr getrennt wahrgenommen werden, sie wirken als farbige Lichter und geben zusammen in additiver Farbenmischung die Komplementärfarbe des Rot, also Grün (oder richtiger Grünblau). Durch Umkehren des Bildes in ein Positiv erhält man natürlich die richtigen Farben. Fixieren wir nach dem Entwickeln, so müssen die Aufnahmen ein Negativ ergeben, in dem z. B. das Grün der Pflanzen rot und deren Rot grün erscheint. Von einem solch entwickelten und fixierten Autochromnegativ — also noch vor Umkehrung nach der ersten Entwicklung — ließen sich vielleicht richtig farbige Abdrücke, wenn nicht durch direktes Kopieren — das ginge wohl wegen der Schichtdicke nicht — so doch durch einen Umkehrapparat oder dergleichen gewinnen. Indessen sollen solche Bilder hinter den durch Umkehrung gewonnenen Diapositiven sehr erheblich zurückstehen. Vorläufig scheint ein wirklich brauchbares Vervielfältigungsverfahren noch nicht ausgearbeitet zu sein. Man stellt sich gleich das eine Diapositiv in der Platte selber her, wie es vorhin kurz angedeutet wurde. Betrachten wir dann eine solche Autochromaufnahme in der Durchsicht oder Projektion, so muß die Farbenwiedergabe äußerst korrekt sein, da ja die gefärbten Stärkekörnchen, die bei der Exposition als Farbfilter dienten, an derselben Stelle der einzelnen Silberteilchen liegen, deren Quantität sie entsprechend verringert haben. Oder anders ausgedrückt: ein blauer Gegenstand kann nur dann blau erscheinen, wenn die roten und grünen Filterchen an der entsprechenden Bildstelle zum Verschwinden kommen, das heißt durch Silberausscheidung gedeckt und dadurch undurchsichtig geworden sind. Je stärker eine der drei Grundfarben ist, um so mehr wird sie die Veranlassung sein, daß sich die Farbplatte mit dunklen Punkten durchmischt. Je mehr sich die wiedergegebene Farbe der Sättigung und spektralen Beschaffenheit der Filterfarben nähert, um so stärker muß die Schwarzbeimischung sein. Ein reines, sattes Grün kommt z. B. dadurch zu stande, daß die nach der zweiten Entwicklung verbleibenden Silberablagerungen die blauvioletten und roten Filterkörner völlig verdecken; das Grün von einer Intensität gleich 1 wird daher nur mit einer Intensität von $^1/_3$ wiedergegeben. Dies ist der theoretisch denkbar ungünstigste Grenzfall. Doch so zahlreiche Versuche mit Autochromplatten bereits vorliegen, eine so große Herabstimmung der Farbenintensitäten ist nirgends bemerkt worden. Wohl aber hat man allgemein eine gewisse Herabstimmung der Farbenintensitäten wahrgenommen. Das merkt man um so mehr, wenn man Lumière-Aufnahmen mit den farbenfrohen und farbenprächtigen Dreifarbenprojektionen vergleicht. Der Grund hierfür ist leicht einzusehen. Wenn ich mit der

Digitized by Google

Miethesehen Dreifarbenkamera meine Aufnahmen gemacht habe und nun das wirkliche Bild nach Herstellung der drei Teildiapositive erhalten will, so projiziere ich diese mit geeigneten farbigen Lichtfiltern auf eine Wand. Dabei wird z. B. das Rot so ausgedrückt, daß die von der Lichtquelle kommenden Strahlen durch das rote Teildiapositiv ungeschwächt hindurchgehen, während die blauen und grünen Strahlen der anderen Teilbilder für den gleichen Bildpunkt durch einen Silberniederschlag im Blau- bezw. Gründiapositiv gehemmt und zurückgehalten werden. Das Projektionsbild zeigt also ein rotes Objekt in leuchtender roter, durch nichts beeinträchtigter Farbe.

Ganz das gleiche gilt natürlich von grünen oder blauen Objekten. Da nirgends eine Beeinträchtigung der Lichtintensität bei dieser Dreifarbenprojektion eintritt, so kann ein solches Projektionsbild zuweilen den Eindruck machen, daß es bunter und lebhafter ist als die Wirklichkeit, die es uns wiedergeben soll. Das kann bei dem Lumièreschen Autochromverfahren nicht eintreten. Hier muß immer eine gewisse Dämpfung sich zeigen; sie wird sich am wenigsten bemerkbar machen bei hellen Mischfarben, die sich dem Weiß nähern; denn dann wird am wenigsten schwarzes Silber ausgeschieden. Freilich ein völlig reines Weiß wird sich auch nicht erzielen lassen. Denn dies kommt auf der Autochromplatte durch die Summierung der optischen Wirkung der roten, grünen und blauvioletten Körnchen zu stande. Es ist aber schon oben mitgeteilt worden, daß dieser Gesamteindruck eher ein Grau ist. Doch das alles sind kleine Mängel, die vielleicht bei weiterer Durchbildung des Verfahrens ganz fortfallen werden. Schon jetzt haben wir in der Autochromplatte ein Mittel, die Farben der Natur möglichst getreu wiederzugeben. Vor allem können wir auf einer einzigen Platte farbig photographieren.

Dadurch unterscheidet sich die Erfindung der Gebrüder Lumière trotz mancher Nachteile so vorteilhaft von der Miethesehen Dreifarbenphotographie. Bei dieser bedarf ich eines besonderen Dreifarbenaufnahme- und Projektionsapparats. Ich muß drei Aufnahmen machen, die freilich kaum längere Zeit erfordern als die eine nach Lumière, ich besitze in Wirklichkeit kein farbiges Bild, ich erhalte es erst in der Projektion auf den Schirm. Aber diese Teilaufnahmen können Verwendung im Dreifarbendruck finden. Abgesehen von der Anschaffung des besonderen Apparates für die Aufnahme in drei Farben sind die Kosten des sogenannten Miethesehen Verfahrens weit geringer als die des Lumièreschen. Die Autochromplatten werden — das hat der ganze Prozeß ihrer Herstellung gezeigt — nicht mehr allzu sehr in ihrem Preise sinken können.

Digitized by Google

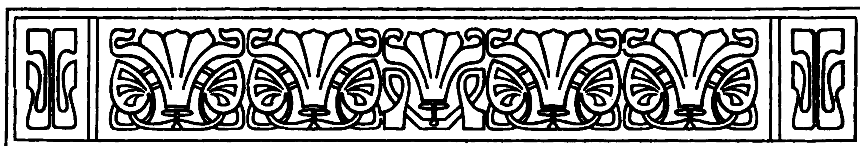
Wichtiger als die Verbilligung und technische Verbesserung der Platten in mancherlei Hinsicht — es wird hie und da geklagt, daß sie — selbstverständlich unbelichtet — nach einiger Zeit an Brauchbarkeit einbüßen — wäre die Ausarbeitung einer Methode zur Vervielfältigung der Aufnahmen. Noch kann jede Aufnahme nur als Diapositiv — und außerdem nur in der Durchsicht — verwandt werden. Sobald die großen Schwierigkeiten, die bisher den Vervielfältigungen der Aufnahme mit einer Autochromplatte im Wege standen, überwunden sind, hält das Autochromverfahren sicherlich seinen Einzug in das Atelier des Berufsphotographen. Man wird dann selbst in unserer nervösen Zeit gern ein weuig länger vor der Linse des Photographen Stand halten, wenn man ein wirklich naturgetreues, farbiges Abbild seines lieben Ich erhalten kann. Die Porträts, die man nach dem Lumièreschen Verfahren gesehen hat, überraschten durch ihre Naturtreue; aber vorläufig sind es Unica, die man nur in der Durchsicht betrachten kann. Wenn man sich erinnert, daß der erste Mensch, der photographiert wurde — es war ein Assistent Drapers — eine geschlagene halbe Stunde ausharren mußte, so wird man schon einige Sekunden ausharren.

Mag aber auch die Hoffnung auf Vervielfältigung erst in ferner Zukunft ihre Verwirklichung finden, schon heute bedeutet das Autochromverfahren einen gewaltigen Fortschritt auf dem Gebiet der Photographie in Naturfarben. Schon heute arbeiten mit ihm zahlreiche Amateure. Bietet es doch für den, der mit Kamera und Farbenfilter umzugehen weiß, der eine Platte richtig und sinngemäß zu entwickeln und ein gutes Negativ herzustellen imstande ist, keine besondere Schwierigkeiten. Schon haben verschiedene Ärzte — es sei nur an die Bilder, die Prof. Dr. Benda von Erscheinungen bei Infektionskrankheiten auf der Hygiene-Ausstellung im Reichstagsgebäude vorführte, erinnert — dies Verfahren erfolgreich in den Dienst der Wissenschaft gestellt. Andere Forscher werden folgen.

Was Ducos du Hauron vor vierzig Jahren erhoffte, hat sich heute glänzend erfüllt. Doch auch die Erfindung der Gebrüder Lumière bedeutet noch keinen völligen Abschluß der Versuche, uns von der bunten Umwelt ein getreues Abbild zu verschaffen; sie hat uns nur um ein gut Stück weiter auf dieser aussichtsvollen Bahn gebracht.



Digitized by Google



Die Bestimmungen der Entfernungen der Sonne und des Mondes von der Erde und deren Parallaxen einst und jetzt.

Von **Ludwig Günther** in Fürstenwalde.

II.

Während man die Parallaxe des Mondes als genügend genau bestimmt erachtete, setzten die Astronomen der neueren Zeit berechtigte Zweifel in die Richtigkeit der zu 9″,5 gefundenen Sonnenparallaxe und der danach berechneten Entfernung der Sonne von der Erde. Sie suchten nach anderen Bestimmungsmethoden und griffen jeden Vorschlag hierfür mit Eifer auf.

Besonders schien ein Vorschlag des englischen Astronomen Edmund Halley (1656 bis 1742), eines Zeitgenossen Newtons, der Beachtung wert, der sich auf die Verwendung der sogenannten Durchgänge der unteren Planeten, d. h. der Vorübergänge von Merkur und Venus vor der Sonnenscheibe, zur genaueren Bestimmung der Sonnenparallaxe bezog.

Man weiß, daß die Bahnen dieser Planeten von der Erdbahn umschlossen werden: Beide Planeten kommen also bei ihren Umläufen je einmal zwischen Erde und Sonne, d. h. in ihren unteren Konjunktionen, zu stehen und werden dann für einen Beobachter auf der Erde als dunkle Scheibchen vor der hellen Sonnenscheibe sichtbar sein und in ihrem Laufe durch dieselbe hinziehen, d. h. einen sogenannten Durchgang machen. Es ist ohne weiteres klar, daß bei jeder unteren Konjunktion ein solcher Durchgang stattfinden müßte, wenn die Bahnebenen von Merkur und Venus mit der Ekliptik zusammenfielen. Das ist aber bekanntlich nicht der Fall, sondern die Ebene der Merkurbahn ist um 7°, die der Venus um 3°,4 gegen die Erdbahn geneigt, weshalb bei den meisten unteren Konjunktionen die Planeten über oder unter der Sonnenscheibe hinweggehen und nur dann Durchgänge hervorbringen, wenn die Konjunktionen in den Knoten, d. h. den Schnittpunkten der Bahnen, oder in Punkten stattfinden, deren Entfernungen von den Knoten für

Digitized by Google

Merkur nicht über 3° 29′ und für Venus nicht über 1° 47′ betragen. Daraus erklärt es sich, daß solche Durch- oder Vorübergänge verhältnismäßig nur selten statthaben können, und in der Tat ereignen sich in einem Jahrhundert durchschnittlich nur 13 Merkurdurchgänge, und bei der Venus kommt dieses Ereignis noch viel seltener vor, in 243 Jahren nur viermal.

Schon Kepler hatte für das Jahr 1631 einen Merkur- und einen Venusdurchgang angekündigt, von denen der erstere u. a. von Gassendi beobachtet wurde, während der letztere nicht gesehen werden konnte, weil das Ende desselben für Europa schon vor Sonnenaufgang stattfand. Auch der von dem englischen Pfarrer Horrox (Jeremias Horroccius, 1619 bis 1641) für 1639, Decb. 4. vorherberechnete Venusdurchgang wurde lediglich als solcher beobachtet, ohne daß wissenschaftliche Folgerungen aus der Beobachtung gezogen werden konnten. Fruchtbringend für unseren Fall ist erst die Beobachtung des Merkurdurchganges vom Jahre 1677 durch Halley geworden, indem er hierdurch auf die schon beregte Verwendung solcher Durchgänge zur Bestimmung der Sonnenparallaxe hingeführt wurde.

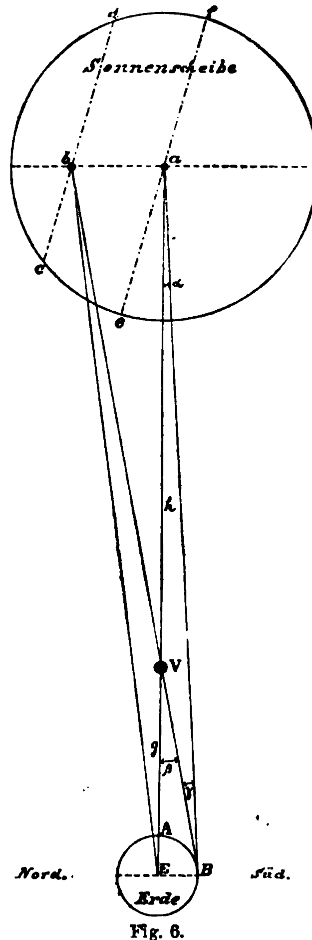


Fig. 6.

Zur Einführung in die Methode dienen folgende Betrachtungen: (s. Fig. 6).

Steht für einen Beobachter A am Äquator die Sonne gerade im Zenit, so würde sie einem zweiten, um 90° vom ersten abstehenden Beobachter B gleichzeitig genau im Horizont stehen, vorausgesetzt, daß der Raum zwischen den beiden Beobachtern gegen die Entfernung der Sonne gleich Null wäre, d. h. gar nicht in Betracht käme. Hat hingegen jener Raum noch ein meßbares Verhältnis gegen diese Entfernung, so wird sich die Gesichtslinie des zweiten Beobachters nach der Sonne etwas gegen die des ersteren neigen, mit demselben einen Winkel einschließen, und es wird ein rechtwinkliges Dreieck entstehen, dessen Basis, d. h. dessen kurze Kathete, der Halbmesser der Erde und dessen Hypotenuse die Entfernung der Sonne vom Mittelpunkt der Erde ist. Der Winkel α an

der Sonne, d. i. die Ergänzung des Winkels am Erdmittelpunkt zum rechten, eben die Neigung der Horizontalgesichtslinie gegen die Zenitgesichtslinie in A, das, was am vollkommenen Parallelismus dieser beiden Linien fehlt, ist die Horizontalparallaxe. Wenn man diesen Winkel in dem rechtwinkligen Dreieck kennt, kann man leicht die Hypotenuse und damit die Sonnenentfernung berechnen. Leider ist der Winkel α aber so klein, daß es unmöglich ist, ihn direkt genau zu messen.

Anders wird die Situation, wenn wir uns zwischen Erde und Sonne einen Zwischenkörper geschoben denken, dessen Entfernungsverhältnis zur Sonnenentfernung uns bekannt ist, wie dies z. B. bei der Venus zutrifft, wenn dieselbe in ihrer unteren Konjunktion steht und gleichzeitig sich in beziehungsweise sehr nahe bei ihrem Knotenpunkt befindet und demgemäß vor der Sonnenscheibe sichtbar wird. In diesem Falle wird der erste Beobachter A Sonne und Venus V im Zenit haben. Nun ist aber die Venus in der angegebenen Stellung der Erde etwa viermal näher als die Sonne, und man muß ohne weiteres zugeben, daß die Gesichtslinie des zweiten Beobachters B nach der Venus V viel konvergenter mit der Gesichtslinie des ersten Beobachters A zusammenläuft als die nach der Sonne, d. h. mit ihr den viel größeren Winkel β bildet, oder mit anderen Worten, daß die Horizontalparallaxe der Venus viel größer ist als die der Sonne. Der Beobachter A wird die Venus V auf der Mitte der Sonnenscheibe in a sehen, während der Beobachter B sie weit links davon in b erblickt. Für ihn drücken die Winkel α, β und γ die Horizontalparallaxen der Sonne, der Venus und deren Unterschied aus, indem in dem Dreieck $a\ V\ B$ der äußere Winkel β gleich ist den beiden inneren, ihm entgegengesetzten Winkeln $\alpha + \gamma$, woraus für γ folgt: $\beta - \alpha$.

Die kleinere Sonnenparallaxe ist also aus der Differenz der größeren Venusparallaxe und der der Sonne abzuleiten.

Das waren ungefähr die Erwägungen Halleys, die er in mehreren Schriften[1]) bekannt machte, zugleich mit der Ankündigung eines Durchganges der Venus für 1761, Juni 6. Es konnte ihm nämlich nicht entgehen, daß die Beobachtung um so genauer ausfallen mußte, je größer der Winkel β wurde, je näher also der Zwischenkörper an die Erde heranrückte. Deshalb konnte er auch von dem viel weiter von der Erde abstehenden Merkur keine genauen Resultate erwarten und empfahl die Venusdurchgänge als zu solchen Berechnungen ganz besonders geeignet.

Die Aufforderung Halleys wurde denn auch von allen Stationen eifrig befolgt, nicht allein bei dem Venusdurchgang von 1761, sondern mehr noch bei den folgenden von 1769, 1874 und 1882. —

---

[1]) In „The Philosophical Transactions" für 1691 und 1716.

Digitized by Google

Ich gehe nunmehr zur Besprechung der Beobachtungsverfahren, die bei den erwähnten Venusdurchgängen angewandt wurden, über.

Angenommen sei der schon erwähnte Stand der Venus, und daß sich der Beobachter im Mittelpunkte *E* der Erde befinde. Dann wird auf der ganzen Oberfläche der Erde nur ein einziger Punkt sein, auf dem man die Venus auf derselben Stelle der Sonnenscheibe sieht, als von *E* aus. Dieser Punkt wird auf der Linie *E—V* in *A* liegen müssen; von allen anderen Punkten der Erdoberfläche aus wird die Venus eine andere Lage auf der Sonnenscheibe einnehmen, für die Punkte nördlich von *A* rechts, für die südlich davon links gegen den Mittelpunkt der Sonnenscheibe verschoben. Setzen wir nun den idealen Fall, daß sich der eine Beobachter auf dem Äquator in *A* befände, so würde er die Venus bei *e* in die Sonnenscheibe ein- und bei f aus derselben austreten, sie also die Sehne *e . . . f* beschreiben sehen. Ein anderer Beobachter, der, 90° vom ersteren entfernt, sich in *B* aufgestellt hätte, würde dagegen die Venus bei *c* ein- und bei d austreten, sie demnach die Sehne *c . . . d* überlaufen sehen. Der Abstand *a b* beider parallel zu einander verlaufender Sehnen ist nun eine Folge der Sonnen- und Venusparallaxen, und zwar drückt der Winkel *b B a* [= γ], der in der angenommenen Stellung der Sonne, Venus und Erde die Linie *a b* als Sehne einschließt, die Differenz von Venus- und Sonnenparallaxe aus, denn die Sonnenparallaxe *E a B* [= α] + Winkel *b B a* [= γ] ist gleich der Venusparallaxe *E V B* [= β]; demnach Winkel *b B a* = Winkel *E V B* — Winkel *E a B* als Ergänzungswinkel im Dreieck *B V a*, der gleich ist den beiden gegenüberstehenden Winkeln, wie ich das bereits oben allgemein nachgewiesen habe.

Betrachten wir weiter die beiden Dreiecke *E V B* und *a V b*, so erkennen wir, daß dieselben einander ähnlich sind: Es verhält sich $VE : Va = EB : ab$. Nun ist uns durch das III. Keplersche Gesetz das Verhältnis zwischen der Entfernung der Erde und der Venus von der Sonne und damit auch das Verhältnis der Entfernungen der Erde und der Sonne von der Venus *V E* und *V a* bekannt (1:2,61), und es leuchtet sofort ein, daß demnach auch die Abstände *E B* und *a b* in demselben Verhältnis zueinander stehen müssen.

Bezeichnen wir also die Entfernung Erde—Venus mit *g* und diejenige Venus—Sonne mit *h*, so ist das beregte Verhältnis $\frac{h}{g}$, und es bedarf keines besonderen Beweises, zu erkennen, daß der Winkel *b E a*, unter dem der Abstand *a b* von der Erde aus gesehen wird, in diesem selben Verhältnis $\frac{h}{g}$ steht zu dem Winkel *E a B*, unter dem der Abstand *E B* (d. i. der Erdhalbmesser) von der Sonne aus gesehen wird. Denn bei

Digitized by Google

kleinen Winkeln verhalten sich ihre Bogen wie die zugehörigen Sehnen. Da nun aber der Winkel *E a B* die Sonnenparallaxe darstellt, und Winkel *b B a* unbedenklich gleich Winkel *b E a* genommen werden kann, so kommt schließlich alles darauf an, den Winkel *b B a*, oder, was dasselbe ist, die Linie *a b*, d. h. den Abstand beider von der Venus auf der Sonnenscheibe beschriebenen Sehnen von einander aufs genaueste zu messen.

Es ist selbstredend in der Praxis nicht durchführbar, daß sich beide Beobachter gerade in der oben angenommenen Stellung auf der Erde befinden. Das ist auch nicht notwendig, da durch genaue Ortsbestimmung ihrer Standörter die gegenseitige Stellung der beiden Beobachter gegeben und die Beobachtungsbasis auf den Erdradius zu reduzieren ist. —

Bei den Venusdurchgängen d. J. 1761 und 1769 wandte man besonders zwei Beobachtungsmethoden an, um zum Ziele zu gelangen: Die sogenannte Methode des Verweilens, d. h. der Beobachtung der verschiedenen Längen der Sehnen, also der Dauer des Vorüberganges, und die Methode der Kontakte, d. h. die Beobachtung bloß des Ein- und Austritts.

Was die erste Methode anbelangt, so leuchtet ein, daß die beiden Beobachter die Venus auf der Sonnenscheibe die vorberegten, ungleich langen Sehnen in verschiedenen Zeiten, die den Längen der Sehnen proportional sind, durchziehen sehen werden. Aus dem Verhältnis dieser genau zu beobachtenden Zeiten nun und aus dem Breitenunterschied der Beobachtungsstandorte berechnete man dann mittels der Regula falsi (eines sehr weitläufigen Näherungsverfahrens) unter Einsetzung eines angenommenen, eben des bisher bekannten Differenzwertes von Venus- und Sonnenparallaxe, den wahren Unterschied beider Parallaxen und daraus nach dem III. Keplerschen Gesetz die wahre Sonnenparallaxe. Oder, da zwischen der Parallaxe der Venus und der der Sonne ein konstantes Verhältnis besteht, konnte man auch gleich für die Sonnenparallaxe einen genäherten Wert einsetzen und hiermit die Rechnung durchführen.

Die zweite Methode, nach der besonders Hell (1720 bis 1792) beobachtete, rührt von dem französischen Astronomen Joseph Delisle (1688 bis 1768) her. Er machte darauf aufmerksam, daß überhaupt korrespondierende Beobachtungen des Momentes irgend einer bestimmten Phase des Durchganges, also z. B. eines Kontaktes der Venus und der Sonnenscheibe, d. h. des Zeitpunktes, wo der dunkle Venuskörper an die helle Sonnenscheibe anstößt, zur Bestimmung der Sonnenparallaxe dienen könne, indem im allgemeinen die Differenz der Zeiten der relativen, d. h. um die Bewegung der Erde verminderten Bewegung der Venus proportional ist, letztere aber, wie wenn die Venus einen ungeheuren Teil-

Digitized by Google

kreis von etwa 14000000 Meilen[1]) Radius als Index durchlaufen würde, die der Distanz der Beobachter entsprechende Sonnenparallaxe darstellt.

Aus dem Vorhergehenden folgt, daß die Ein- und Austritte der Venus nicht auf der ganzen Erdoberfläche gleichzeitig gesehen werden. Kennt man nun die Längenunterschiede der beiden Beobachtungsorte und bestimmt man die Zeitpunkte eines Kontaktes für beide Stationen, so läßt sich daraus die Differenz der Parallaxen von Venus und Sonne und dann wieder die Parallaxe der letzteren berechnen.

Diese Methode ist insofern günstiger, als sie nur die Beobachtung eines einzigen Kontaktes erfordert, also weniger von der Ungunst des Wetters abhängt; allein sie wird dadurch nicht unwesentlich erschwert, daß der Moment des Kontaktes nicht mit der erforderlichen Schärfe zu bestimmen ist, indem bei der Annäherung der dunklen Venus an die helle Sonnenscheibe, respektive bei der Ablösung von deren innerem Rand beide Körper in einander überzufließen scheinen.[2]) Ferner macht sie die genaue Ermittelung des Längenunterschiedes notwendig, die zwar der neueren Astronomie keine Schwierigkeiten mehr bietet, zur Zeit Delisles aber noch sehr im argen lag.

Mit geringen Modifikationen ist nach diesen beiden Verfahren aus dem bei den Venusdurchgängen in 1761 und 1769 gewonnenen reichhaltigen Beobachtungsmaterial eine ganze Reihe von Parallaxenberechnungen hervorgegangen, die, alle mehr oder weniger voneinander abweichend, doch der Wirklichkeit schon ziemlich nahe kommen. Ich gebe die Resultate einiger der bedeutendsten hiervon in der Tabelle auf Seite 124.

Aus den Parallaxenwerten der umstehenden Tabelle kann man leicht die Entfernung der Sonne von der Erde berechnen:

Bezeichnet man den Erdhalbmesser (858 geograph. Meilen) mit *r* und die Sonnenentfernung mit *E a* (s. Fig. 6) so ist:

$$\sin \alpha = \frac{r}{Ea}, \text{ also } Ea \cdot \sin \alpha = r$$

$$\text{und } Ea = \frac{r}{\sin \alpha}.$$

Nehmen wir z. B. den Enckeschen Mittelwert für $\alpha = 8'',57$, so kommt:

$$Ea = \frac{858}{\sin 8'',57} \begin{array}{l} = \log\ 12{,}9\,334\,873-10 \\ \;\;\; „ \;\;\; 5{,}6\,185\,494-10 \\ \hline \log\ 7{,}3\,149\,379 = 20\,650\,847 \text{ geograph. Meilen.} \end{array}$$

Und so weiter, wie die Tabelle angibt.

---

[1]) Entfernung der Venus von der Sonne.

[2]) Man kennt diese Erscheinung unter dem Namen des „schwarzen Tropfens“ oder „Baillys Tropfen“.

Digitized by Google

Lfd. Nummer	Berechner	Nach dem Venusdurchgang v. Jahre	Jahr der Berechnung	Parallaxe der Sonne α	Danach berechnete Entfernung der Sonne von der Erde Geo. Meilen	Bemerkungen
1.	M. Hell	1769	1769	8,″71	20 318 930	War auch bei der Beobachtung beteiligt
2.	Derselbe	1769	später	8,″73	20 272 380	
3.	J. Lexell	1761	1769	8″,63	20 507 290	
4.	Horsby	1769	1771	8″,78	20 156 940	War auch Beobachter
5.	Lalande	1769	1772	8″,60	20 578 820	Mittel aus 4 Berechnungen. War auch Beobachter
6.	Pingré	1769	1772	8″,81	20 088 300	War auch Beobachter
7.	Maskelyne	1769	—	8″,723	20 288 650	War auch Beobachter
8.	José J. de Ferrer	1769	—	8″,602	20 574 040	Mittel aus 12 Berechnungen
9.	Derselbe	1769	—	8″,577	20 634 010	Verbesserter Wert
10.	Du Sejour	1769	—	8″,842	20 015 600	War auch Beobachter
11.	Encke	1761	1822	8″,531	20 650 847	
12.	Derselbe	1769	1824	8″,603		Als Mittelwert: 8″,57 ± 0,038

Der von **Encke** berechnete Mittelwert für die Sonnenparallaxe hatte das größte Vertrauen, und während eines Zeitraums von zirka 40 Jahren wurde dieser als der richtige angesehen und allgemein gebraucht.

Inzwischen waren andere Methoden aufgestellt, und es brach sich die Erkenntnis Bahn, daß der Enckesche Wert zu klein sei. Schon Peter Wargentin (1717 bis 1783) hatte vorgeschlagen, die Marsoppositionen zur Bestimmung der Sonnenparallaxe zu benutzen. Nach dem III. Keplerschen Gesetz verhalten sich die Umlaufszeiten der Erde und des Mars wie 1 : 1,88, das Verhältnis der Quadrate ist demnach 1 : 3,54

Digitized by Google

und die dritte Wurzel daraus ergibt uns für das Verhältnis der mittleren Entfernung von der Sonne 1:1,524. Zu Zeiten der Oppositionen kann, weil sich die Planeten in Ellipsen bewegen, dieses Verhältnis noch bedeutend kleiner, d. h. die Annäherung des Mars an die Erde noch größer werden; sein Abstand von der Erde ist dann nur 0″,4. Solche Zeiten, in denen uns der Mars so nahe steht, sind nun besonders geeignet zur Ermittelung der Marsparallaxe, aus der man dann, nach dem uns bekannten Verfahren, die Sonnenparallaxe ableiten kann. Venus kommt uns bei ihrer unteren Konjunktion allerdings näher (bis 0″,25), aber es kommt in Betracht, daß eine Opposition mehrere, ein Durchgang nur eine Beobachtung gestattet.

Bei der Marsopposition i. J. 1832 wurden nach dieser Methode vier Parallaxenbestimmungen gemacht, woraus sich ein Mittelwert von 9″,028 ergab. Sehr umfangreiche Beobachtungen wurden bei der Marsopposition i. J. 1862 angestellt. Aus ihnen berechnete der Beobachter (Winnecke)

selbst eine Sonnenparallaxe von 8″,964
Newcomb „ „ 8″,855
Stone „ „ 8″,932 ± 0,032,

während Gill aus den Beobachtungen der nächst folgenden Marsopposition i. J. 1877 8″,780 fand.

Wir sehen, daß in der Tat diese Bestimmungen einen größeren Wert als die nach den Venusdurchgängen zeigen.

Die Astronomen wandten dann auch alles auf, diesen Zwiespalt zu lösen.

Es handelt sich hier nicht, wie wohl der Laie denken mag, etwa um Zahlenstecherei. Die ganz genaue Kenntnis der Sonnenparallaxe und damit der Sonnenentfernung ist für eine ganze Reihe wichtiger astronomischer Rechnungen von ganz außerordentlicher Bedeutung. Und dann muß man das eine nicht vergessen, daß der Mensch nun einmal gewohnt ist, es gewissermaßen in seinem Geistesleben physiologisch begründet ist, alles auf seine Verhältnisse zu beziehen. Da wissen wir, daß eine Zu- oder Abnahme der Parallaxe um nur 0″,01 eine Verminderung respektive Vergrößerung der Sonnenentfernung von 23000 geograph. Meilen ausmacht — im Weltall eine Null fast, für unsere irdischen Begriffe aber eine ganz stattliche Entfernung: etwa viermal rund um den Erdäquator herum! —.

Ich muß mich hier darauf beschränken, die in neuerer Zeit ausgeübten Methoden zur Bestimmung der Sonnenparallaxe dem Prinzip nach zu erläutern:

1. Die Entfernung der Sonne ist von Einfluß auf die Mondbewegung, und es besteht eine sogenannte parallaktische Gleichung der Mondtheorie,

Digitized by Google

deren Konstante ein bestimmtes Verhältnis zur Sonnenparallaxe hat. Es handelt sich bei diesem Berechnungsverfahren zunächst darum, um wieviel die Kraft, mit der die Sonne den Mond anzieht, durch seine wechselweise Annäherung oder Entfernung vermehrt oder vermindert wird. Hat man dies gefunden, so ergibt sich daraus das Verhältnis der Sonnenentfernung zum Durchmesser der Mondbahn, den man bereits in irdischem Maße kennt, und man ist nunmehr imstande, die relativen Verhältnisse in absolute umzusetzen. Hansen in Gotha, der sich lange und eingehend mit der Mondtheorie beschäftigte, hat nach dieser Methode die Größe der Sonnenparallaxe auf 8″,916 berechnet.

2. Ähnlich bestimmte Leverrier aus den gegenseitigen Störungen von Erde und Venus eine Sonnenparallaxe von 8″,950 und aus denen der Venus und des Mars von 8″,860. Die neueren und sehr genauen Untersuchungen B. Airys über die gegenseitige Wirkung, welche Erde und Venus auf einander ausüben, zeigen, daß im Verhältnis zur Venusmasse die Erdmasse größer ist, als bisher angenommen. Da nun das Verhältnis der Venusmasse zur Sonnenmasse bekannt ist und nicht verkleinert werden kann, so muß auch die Erdmasse im Verhältnis zur Sonnenmasse vergrößert respektive verkleinert werden. Dies führt auch auf eine geringere Entfernung der Sonne, mithin auf eine größere Parallaxe.

3. In der Geschwindigkeit des Lichts[1]) ist der relative Maßstab der Sonnenentfernung gegeben; konnte man diesen Maßstab in irdischem Maße aufs genaueste ausdrücken, so war der Weg zur Bestimmung der Sonnenparallaxe gefunden. Die französischen Physiker Fizeau und Foucault haben versucht, durch äußerst sinnreich und genau konstruierte Apparate diese Aufgabe zu lösen. Der erstere fand eine Lichtgeschwindigkeit von 42219 geograph. Meilen pro Sekunde und berechnete demgemäß eine Sonnenentfernung von 20814000 geograph. Meilen, woraus eine Parallaxe von 8″,50 resultiert, während der letztere respektive die Werte 40160, 19798900 und 8″,94 ermittelte. Man sieht schon aus den differierenden Resultaten, daß auch hier die Rechnung unsicher machende Fehlerquellen bestehen, die wohl kaum ganz abzustellen sein dürften.

4. Statt der zuerst bei den Venusdurchgängen geübten Berechnung der Sonnenparallaxe aus dem Differenzwert zwischen Venus- und Sonnenparallaxe (also dem Winkel γ, Fig. 6) hat man später sich mehr auf die direkte Ableitung aus dem Sehnenabstande *ab* gelegt, indem man bei der Rechnung die Sonnenentfernung als Einheit zugrunde legen konnte

[1]) Olaf Römer fand 1675 aus der Beobachtung der Verfinsterung der Jupitermonde, daß der Lichtstrahl die Entfernung von der Sonne zur Erde in 8^m 13^s zurücklegte. Der moderne Wert dafür ist 8^m 15^s,5.

Digitized by Google

und so den Sehnenabstand in Teilen solcher Einheit anzugeben imstande war.

Dieses Verfahren versprach insofern genauere Resultate, als eine Fehlerquelle eigentlich nur in der Beobachtung der Kontakte zu erwarten war. Je genauer die Kontakte beim Vorübergang der Venus ermittelt werden, um so zuverlässiger sind die Längen der Sehnen und infolgedessen auch der Sehnenabstand *a b* und endlich die Sonnenparallaxe selbst zu berechnen. Zur Ermittelung dieses Sehnenabstandes wurde früher das Heliometer verwandt; in neuerer Zeit hat man dazu die Photographie herangezogen. Man fixiert die Erscheinung des Vorüberganges, wie sie sich auf den verschiedenen Beobachtungsstationen darstellt, durch eine fortlaufende Reihe von Photographien, die schon vor dem Eintritt der Venus in die Sonnenscheibe beginnt und erst nach dem Austritt endigt. Nach diesen Bildern kann man dann mit Hilfe von Mikroskop und Mikrometer jederzeit die Länge der zurückgelegten Sehnen, den Abstand derselben unter sich und vom Sonnenrande, die Kontakte sowie die Positionswinkel der Venus messen.

Diese photographische Methode hat den Vorteil, daß sie Beobachtung sowohl wie Berechnung unabhängig macht von individuellen Einflüssen und Zufällen. Andererseits hat sie aber auch störende Fehlerquellen: Dürfte es kaum möglich sein, auch mit den besten Kammern selbst für das bloße Auge ganz scharfe und unverzerrte Bilder zu erzeugen, so werden unter dem Mikroskop und dem Mikrometer die Mängel der Randschärfe sich erst recht fühlbar machen. Hinzu kommen die verhältnismäßig doch immerhin nur kleinen Bilder[1]), die Ablenkung der Lichtstrahlen in der Atmosphäre bei der photographischen Aufnahme und, was mir besonders beachtenswert scheint, das Arbeiten vom Kleinen ins Große, ein Übelstand, der auch bei dem Verfahren mit der Lichtgeschwindigkeit eine störende Rolle spielen dürfte. —

Indessen auch die neueren Verfahren, soweit sie unabhängig von einem Venusdurchgang ausgeführt werden konnten, führten, wenngleich sie den Mangel des Enckeschen Wertes bestätigten, nicht zu einem definitiven Resultat. Die Sicherheit über die Größe der Sonnenparallaxe blieb nach wie vor eine schwebende Frage.

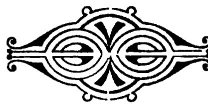
Man war deshalb begreiflicherweise auf die nach einem Zeitraum von 105 Jahren wieder in Aussicht stehenden Venusdurchgänge der Jahre 1874 und 1882 sehr gespannt, und diese hat man denn auch zur vorläufigen Erledigung mit allen Mitteln der Neuzeit ausgenutzt.

[1]) Auf den Platten, die ich gesehen habe, hatte das Sonnenbild einen Durchmesser von 115 mm, die Venus einen solchen von 3,6 mm.

Digitized by Google

Als Durchschnittswert aus diesen Venusdurchgängen wurde eine Sonnenparallaxe von 8″,83 erhalten. In der Astronomie wird heute allgemein der von Newcomb auf Grund aller modernen Bestimmungen, nicht allein der Venusdurchgänge, abgeleitete und von der internationalen Konferenz in Paris im Jahre 1896 für den Gebrauch in den astronomischen Ephemeriden angenommene Wert von 8″,80 benutzt. Das entspricht einer mittleren Sonnenentfernung von 149480976 km oder 20144490 geogr. Meilen. Diese Parallaxe dürfte durch die neueren Eros-Beobachtungen, die noch nicht diskutiert sind, eine bedeutend größere Sicherheit und geringe Änderung erfahren.

So hat man auf verschiedene Art versucht, den genialen Vorschlag Halleys auszugestalten und zu verwerten. Der nächste Venusdurchgang findet erst im Jahre 2004 statt. Eine lange Zeit: Fast die gesamte Menschheit der Erde wird bis dahin vergehen, ein neues Geschlecht erstehen. Ob dieses andere Ausführungsmethoden, ob es ganz andere Verfahren ersinnt, die die Beobachtung der Venusdurchgänge, der Marsoppositionen usw. überflüssig machen — wer weiß es! Jedenfalls müssen wir uns vorderhand mit dem erreichten, schönen Ziel begnügen.



Digitized by Google



Über Anfangsgeschwindigkeit und Menge der photoelektrischen Elektronen in ihrem Zusammenhange mit der Wellenlänge des auslösenden Lichtes.

(Von der 79. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte, Dresden, 15. bis 21. September 1907.)

Herr Erich Ladenburg (Berlin) berichtet über interessante Versuche über die Beziehung zwischen der Anfangsgeschwindigkeit der photoelektrischen Elektronen und ihrer Menge einerseits und der Wellenlänge der diese Elektronen auslösenden Lichtstrahlen andererseits.

Es wird heute allgemein angenommen, daß wir es bei der Auslösung des photoelektrischen Effektes mit einer Resonanzwirkung zu tun haben insofern, als durch Lichtstrahlen von einer bestimmten Periode gerade solche Elektronen ausgelöst werden, welche mit eben dieser Periode schwingen. Um diese Ansicht weiter zu stützen, suchte Herr Ladenburg festzustellen, in welcher Weise sich die Anfangsgeschwindigkeit der ausgelösten Elektronen mit der Schwingungsperiode des auslösenden Lichtes ändert. Als Maß für die Anfangsgeschwindigkeit der Elektronen diente die positive Aufladung, welche eine isolierte Metallplatte unter der Einwirkung ultravioletter Strahlung erfährt. Eine solche Metallplatte gibt nämlich so lange negative Elektronen ab, bis sie sich zu einem Potentiale aufgeladen hat, welches eben noch die schnellsten Elektronen festzuhalten vermag. Die Quadratwurzel aus diesem Potential ist dann proportional der Anfangsgeschwindigkeit dieser Elektronen.

Die Versuchsanordnung, welche Herr Ladenburg benutzt hat, kann hier nur ganz kurz gestreift werden. Nähere Einzelheiten können aus dem Originalbericht (Phys. Zeitschr. 8, 590 bis 594, 1907) entnommen werden. Als Strahlungsquelle wurde eine Quarzquecksilber-Hochdrucklampe von Heraeus verwendet, welche bei der benutzten Schaltungsweise sehr konstant brannte. Durch zwei große Quarzkondensatoren wurde die Strahlung auf den Spalt eines Spektrometers konzentriert, dessen Linsen und Prisma aus Quarz und Flußspat hergestellt waren, und dessen

Digitized by Google

Okular durch eine photoelektrische Zelle besonderer Konstruktion ersetzt war, auf deren Bau in diesem kurzen Bericht nicht näher eingegangen werden soll.

In der photoelektrischen Zelle wurden nacheinander Platin, Kupfer und Zink untersucht. Bei allen drei Metallen ergab sich eine Proportionalität zwischen der Quadratwurzel aus dem positiven Potential, zu dem sich das Metall auflud, also der Anfangsgeschwindigkeit der ausgelösten Elektronen auf der einen und der Schwingungszahl des auslösenden Lichtes auf der anderen Seite.

Diese Tatsache erklärt Herr Ladenburg durch folgende Überlegung: „Wenn durch Licht einer Periode nur Elektronen derselben Periode ausgelöst werden, so sind die Schwingungszahlen der bei verschiedenen Wellenlängen ausgelösten Elektronen voneinander verschieden und dementsprechend auch die diese Elektronen haltenden Kräfte. Wir wollen annehmen, daß diese Kräfte in einer bestimmten, für alle gleichen Entfernung vom Zentrum verschwinden. Ist dann diese Kraft in einem Fall größer wie im anderen, so muß dem einen Elektron eine größere lebendige Kraft erteilt werden, um es aus der Wirkungssphäre der Kraft zu bringen, als dem andern, welches durch eine geringere Kraft gehalten wird. — Da nun die Schwingungszahl der $\sqrt{\text{Kraft}}$ proportional ist, letztere, wie wir eben gesehen haben, dem Quadrat der Geschwindigkeit, so muß die Schwingungszahl der Geschwindigkeit proportional sein." —

Eine Untersuchung der verschiedenen Wellenlängen zugehörigen Anfangsgeschwindigkeiten der ausgelösten Elektronen bei den drei untersuchten Metallen — Platin, Kupfer, Zink — läßt es wahrscheinlich erscheinen, daß sich diese Metalle hinsichtlich der Größe der durch Licht von einer und derselben Wellenlänge ausgelösten Anfangsgeschwindigkeiten der photoelektrischen Elektronen in einer der Spannungsreihe ähnlichen Reihe ordnen dergestalt, daß dem elektropositiveren Metalle eine geringere Anfangsgeschwindigkeit entspricht. Dies würde heißen, „daß die Kraft, die die Elektronen hält, bei den elektropositiven Metallen geringer ist als bei den elektronegativen, und es würde auch hiermit der Voltaeffekt im Einklang sein, indem bei der Berührung zweier Metalle eine Größe, die gleichsam dem Nernstschen Lösungsdruck entspricht, beim elektropositiven Metall größer ist als beim elektronegativen". —

Die Entscheidung darüber, ob tatsächlich einer bestimmten Periode des auslösenden Lichtes nur eine Geschwindigkeit entspricht, oder ob nur die maximale Anfangsgeschwindigkeit der Schwingungszahl proportional ist, muß noch weiteren eingehenderen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Herr Ladenburg wendet sich nun der Untersuchung der Menge von Elektronen zu, welche durch Licht verschiedener Periode ausgelöst

Digitized by Google

werden. Bezieht man diese Mengen auf gleiche auslösende Lichtmengen, so gewinnt man ein Mittel zur Bestimmung der Mengen von Elektronen, welche mit der einen oder der anderen Periode schwingen. Dabei ist allerdings die Voraussetzung zugrunde gelegt, daß einer gleichen auffallenden Lichtmenge verschiedener Periode immer derselbe Prozentsatz ausgelöster Elektronen entspricht. Es galt nun, die Energie der Strahlung und den photoelektrischen Effekt in den einzelnen Teilen des Spektrums, jede Größe für sich allein, zu messen. Die Messung der ersteren erfolgte in bekannter Weise mittels Thermosäule und Panzergalvanometers, die des photoelektrischen Effektes mittels einer besonderen Versuchsanordnung, hinsichtlich welcher auf die schon früher angeführte Originalveröffentlichung verwiesen werden muß.

Das Ergebnis dieser Messungen war, daß bei allen untersuchten Metallen sich nahezu die gleiche Abhängigkeit des photoelektrischen Effektes von der Wellenlänge des auslösenden Lichtes zeigt. Der photoelektrische Effekt zeigt ein Maximum zwischen $\lambda = 218\ \mu\mu$ und $\lambda = 212\ \mu\mu$. Auf gleiche auffallende Lichtmenge bezogen, nimmt aber der photoelektrische Effekt mit abnehmender Wellenlänge bis $\lambda = 201\ \mu\mu$ immer schneller zu.

Herr Ladenburg faßt die Hauptergebnisse seiner Untersuchungen zu folgenden Sätzen zusammen:

„1. Die Anfangsgeschwindigkeit der Elektronen ist der Schwingungszahl des auslösenden Lichtes proportional.

2. Der photoelektrische Effekt, bezogen auf gleiche auffallende Lichtmenge, steigt mit abnehmender Wellenlänge bis $\lambda = 201\ \mu\mu$ an, und zwar immer stärker, zu je kürzeren Wellen man übergeht."

Mi.



Ladungseffekte an Poloniumpräparaten.

(Von der 79. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte, Dresden, 15. bis 21. September 1907.)

Die von den radioaktiven Substanzen ausgesandten α-Strahlen werden in magnetischen und elektrischen Feldern in einem Sinne abgelenkt, der zu dem Schlusse führen mußte, daß die α-Teilchen positiv elektrisch geladen sind. Der direkte Nachweis für das positive Vorzeichen der von diesen Teilchen getragenen Ladungen durch Auffangen auf isolierten Leitern begegnete größeren Schwierigkeiten und konnte nicht sogleich erbracht werden. Das überaus hohe Ionisierungsvermögen der α-Strahlen hat nämlich zur Folge, daß schon bei Anwesenheit ganz geringer Gas-

Digitized by Google

mengen ein Auffangen der mitgeführten Ladung nicht mehr möglich ist. Es war daher eine weitgehende Evakuierung des Beobachtungsraumes erforderlich. Aber auch jetzt führten die Versuche noch nicht zu den erwarteten Ergebnissen. Es zeigte sich nämlich, daß die betreffenden radioaktiven Präparate neben den α-Strahlen auch noch Elektronen von kleiner Geschwindigkeit emittieren, deren negative Ladungen unter gewöhnlichen Verhältnissen die gesuchten positiven Ladungen der α-Teilchen neutralisieren. Wollte man also die positiven Ladungen der α-Teilchen gesondert auffangen, so mußte man Sorge tragen, daß die Elektronen den isolierten Leiter, auf dem die positiven Ladungen aufgefangen werden sollten, nicht erreichen konnten. Zu diesem Zwecke muß man ein transversales Magnetfeld dauernd auf die Strahlung des radioaktiven Präparates wirken lassen, durch welches dann die Bahn der negativen Teilchen so stark gekrümmt wird, daß alle diese Teilchen wieder zu dem Ausgangspräparat zurückkehren. Bei der geringen Geschwindigkeit der in Frage kommenden Elektronen genügen hierzu schon ganz geringe Feldstärken, welche andererseits die Bahn der α-Teilchen nicht in merklicher Weise beeinflussen.

Setzt man nun ein Poloniumpräparat in einem hohen Vakuum der Einwirkung eines transversalen Magnetfeldes aus, so ist nach den vorstehenden Ausführungen zu erwarten, daß das Poloniumpräparat seinerseits eine negative Ladung erhält. Über Versuche, welche den Nachweis einer solchen negativen Aufladung eines Poloniumpräparates zum Gegenstande hatten, hat nun Herr Aschkinass (Berlin) berichtet.

Herr Aschkinass benutzte bei seinen Versuchen ein Poloniumpräparat aus der Braunschweiger Chininfabrik; es war ein dünner Poloniumniederschlag auf einer kreisförmigen Kupferscheibe von 4 cm Durchmesser und zur Zeit der Versuche etwa sieben Monate alt. Das durch Bernstein isolierte Präparat befand sich in einem stets geerdeten Gehäuse aus Kupfer und konnte mit einem Dolezalekschen Elektrometer verbunden werden. Das Gehäuse wurde so zwischen die Pole eines Elektromagnets gebracht, daß die Kraftlinien parallel zur Ebene der Poloniumbelegung verliefen. Mit einer Kahlbaumschen Pumpe und mit in flüssiger Luft gekühlter Kokosnußkohle nach dem Dewarschen Verfahren wurde das Gefäß hochgradig evakuiert. Der Elektromagnet wurde durch einen Strom von 1 Ampère erregt. Wenn dann das zuvor geerdete Poloniumpräparat mit dem Elektrometer verbunden wurde, so zeigte sich schon nach wenigen Sekunden das Auftreten einer recht erheblichen und allmählich größer werdenden negativen Ladung. Nach zwei Minuten hatte das Präparat spontan ein Potential von ungefähr — 1 Volt angenommen. Daß dabei sämtliche emittierten Elektronen wieder zum Präparat zurückkehrten, geht aus dem Umstande hervor, daß die Größe des beobachteten

Digitized by Google

Ladungseffektes durch Verstärkung des Magnetfeldes nicht beeinflußt wurde (und ebensowenig durch eine mäßige Schwächung des Feldes).

Wenn das Präparat, ohne daß die Versuchsanordnung sonst geändert wurde, mit dem Elektrometer verbunden wurde, aber kein Magnetfeld auf die emittierten Strahlen wirkte, so war gleichfalls eine allmählich wachsende Aufladung des Präparates festzustellen. In diesem Falle aber war das Vorzeichen der Ladung positiv. Der Effekt war seinem absoluten Betrage nach ungefähr ebenso stark wie im ersten Falle: nach etwa zwei Minuten war jetzt eine spontane Aufladung des radioaktiven Präparates auf + 1 Volt nachzuweisen. „Da jetzt kein magnetisches Feld mehr in Wirksamkeit trat," so argumentiert Herr Aschkinass, „mußten neben den α-Teilchen auch die Elektronen die aktive Platte verlassen. Würde daher gleichviel negative wie positive Elektrizität ausgestrahlt, so hätte das Polonium im zweiten Versuche ungeladen bleiben müssen. In Wahrheit lädt es sich aber ebenso stark positiv wie im anderen Falle negativ, so daß man schließen muß: Polonium emittiert etwa doppelt soviel negative wie positive Elektrizität. Unter der Annahme, daß jedes α-Teilchen ein (positives) Elementarquantum mit sich führt, folgt daraus, daß die Zahl der fortgeschleuderten Elektronen etwa doppelt so groß ist wie die der emittierten α-Teilchen. Nach neueren Versuchen von Rutherford lassen sich indessen Gründe anführen zugunsten der Auffassung, daß ein α-Teilchen mit zwei Elementarquanten geladen sei. In diesem Falle wären in der Strahlung des Poloniums ungefähr viermal so viel Elektronen wie α-Teilchen vorhanden."

Die gelegentlich von Soddy ausgesprochene Ansicht, daß die α-Teilchen zunächst in ungeladenem Zustande fortgeschleudert würden und ihre Ladung erst nach dem Austritt aus der radioaktiven Substanz durch Zusammenstoß mit Gasmolekülen erhielten, diese Ansicht kann nach den Versuchen des Herrn Aschkinass nicht zutreffend sein, denn bei diesen Versuchen wurden offenbar positive Teilchen von dem radioaktiven Präparate fortgeschleudert. Mi.



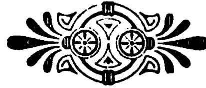
Physikalisch-chemische Demonstrationsversuche ohne Materialverbrauch.

(Von der 79. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte, Dresden, 15. bis 21. September 1907.)

Herr Emil Bose (Danzig) führte eine größere Reihe von Versuchen aus dem Gebiete der physikalischen Chemie vor, welche sich dadurch auszeichnen, daß für den einzelnen Versuch ein Materialverbrauch

Digitized by Google

nicht stattfindet, daß also nach einmaliger Anschaffung ohne weiteren Aufwand an Material eine unbegrenzte Anzahl von Wiederholungen des Versuches vorgenommen werden kann. Herr Bose schließt nämlich die betreffenden Systeme in zugeschmolzene Glasgefäße ein und kann dann mit Hilfe von Temperaturveränderungen usw. eine ganze Anzahl wichtiger Erscheinungen demonstrieren. Ein derartiges Glasgefäß mit seinem Inhalt stellt somit, ähnlich wie eine Vakuumröhre, eine in gewissem Maße jederzeit gebrauchsfertige Versuchsanordnung dar, welche durch das Fehlen eines Materialverbrauches — soweit ein solcher nicht durch etwaige Beschädigung der Glaswandung erfolgt — charakterisiert ist. Daß eine solche Versuchsanordnung für Unterrichtszwecke den unschätzbaren Vorteil hat, auch die Vorführung solcher Versuche zu gestatten, deren Ausführung in jedem einzelnen Kursus wegen der Kostspieligkeit der dabei zu verwendenden Substanzen sonst unterbleiben müßte, liegt auf der Hand. Sie bietet aber noch einen weiteren Vorteil, da sie auch gestattet, die Versuche auf übelriechende oder gar durch ihre Dämpfe schädlich wirkende Stoffe auszudehnen. Mi.



Digitized by Google

Himmelserscheinungen.

Übersicht über die Himmelserscheinungen
für Januar, Februar und März 1908[1]).

1. **Der Sternenhimmel.** Am 15. Januar um 11 Uhr, am 15. Februar um 9 Uhr, am 15. März um 7 Uhr ist die Lage der Sternbilder gegen unseren Horizont die folgende:

In der Höhe von 20 Graden steht in der Südrichtung im Meridian der hellste Fixstern des Himmels, der Sirius, β des großen Hundes rechts und γ links von ihm in gerader Linie. Darunter die andern hellen Sterne dieses reichen Sternbildes. Das Sternenkreuz des Orion steht rechts über ihm etwas mehr aufgerichtet als zu früherer Stunde; unter den drei Gürtelsternen finden wir in mondlosen Nächten den Schimmer des bekannten Nebels. Rigel (Fuß) steht unter, Beteigeuze (Achsel des Riesen) über dem Gürtel. Die Linie von Sirius durch die Gürtelsterne zeigt auf den Aldebaran (die gereihten Sterne), an welchen sich die Gruppe der Hyaden rechts anschließt (denen dieser Name in ihrer Gesamtheit eigentlich zukommt). Dieselbe Linie führt weiter zu der kleinen Gruppe der Plejaden. Hierüber steht nordwärts der Perseus; ein nach rechts aufwärts gekrümmter Sternenbogen führt nach der Basis des gleichschenkligen Dreiecks, als welches die Hauptgruppe des Perseus erscheint. Der Veränderliche an der Spitze, Algol, kann auch gefunden werden durch eine gerade Linie von Rigel nach Aldebaran, die um sich selbst verlängert wird. Die Widdersterne stehen bereits im Osten, zum Untergange bereit, senkrecht übereinander. Dort im Osten ist auch der größte Himmelswagen teilweise schon rückwärts unter die Gesichtslinie hinabgefahren; die Andromeda, welche die Deichsel daran bildet, steht fast senkrecht in die Höhe. Folgen wir ihr aufwärts, so zeigt sie durch den Perseus nach dem großen gleichschenkligen Dreieck des Fuhrmanns, dessen Hauptstern, Capella, nur ein wenig westlich vom Zenit steht. Wir wenden uns nunmehr der Ostseite des Meridians zu. Die Längsachse des Orion zeigt aufwärts der langen Kante des Rechtecks der Zwillinge parallel; am oberen Ende finden wir rechts Castor, links Pollux. Zwischen diesen beiden und Sirius ist Procyon (der Vorhund) ein wenig nach links aus der Mitte der Verbindungslinie verschoben. Pollux und Procyon werden links durch zwei Sterne zu einem ungeheuren Rechteck ergänzt, der obere Stern ist Regulus, der Hauptstern des im Osten aufsteigenden großen Löwen, der untere Alphard (der einsam stehende), der das Herz der Wasserschlange bildet. Deren Kopf bilden sechs Sterne in der Mitte zwischen Procyon und Regulus. Ihr Schwanz ist noch unter dem Horizont verborgen. In dem

[1]) Alle Zeitangaben in M. E. Z. und nach astronomischer Zählweise, d. h. die Vormittagsstunden eines Tages sind — mit Ausnahme der Sonnenaufgänge — um 12^h vermehrt zum vorigen Tage gerechnet.

Digitized by Google

leeren Raum zwischen Zwillingen und Löwen sehen wir einige Sterne des Krebses, vor allem jenen Lichtschimmer, den das Fernrohr in die Sterne des Praesepehaufens auflöst.

Die Sternbilder am Nordhimmel besprechen wir kürzer, denn sie stehen ja immer über unserm Horizont, wenn auch nicht immer an gleicher Stelle. Der große Bär steht östlich vom Pol, seine Deichsel zeigt nach unten, der kleine Bär liegt horizontal. Der Drache nimmt den Raum darunter bis zum Nordpunkt ein, namentlich der Drachenkopf steht nur zehn Grad hoch. Die Cassiopea ist links des Poles zu sehen, das W steht auf seinem rechten Schenkel. Zwischen ihr und dem Pole leitet der Stern γ des Cepheus zu dessen regulärem Rhombus über, an den der Hals des Drachen stößt. Über dem Polarstern ist der Himmel recht leer; erst im Zenit finden wir in β Aurigae wieder einen hellen Stern.

In der Mittagslinie stehen südlich des Zenits um 9 Uhr abends die folgenden Sterne, heller als 3,3 Größe. Die Kulminationshöhe findet man durch Hinzufügung der Deklination zu $37^{1}/_{2}{}^{0}$.

Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination	Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination
Jan. 3	η Tauri[1])	3.0	3h 42m 1s	+23° 49'.2	Febr. 5	β Aurigae	1.9	5h 52m 47s	+44° 56'.4
5	ζ Persei	2.9	3 48 21	+31 36.7	5	σ Aurigae	2.7	5 53 27	+37 12.4
6	ε Persei	3.0	3 51 41	+39 44.7	9	η Geminor	3.3	6 9 20	+22 32.0
6	γ Eridani	3.0	3 53 44	—13 46.4	11	ζ Canis mai.[10])	2.9	6 16 47	—30 1.6
15	α Tauri[2])	1.0	4 30 38	+16 19.4	12	μ Geminor	2.9	6 17 24	+22 33.7
21	ι Aurigae	2.7	4 51 0	+33 1.3	12	β Canis mai.[11])	2.0	6 18 39	—17 54.8
22	ε Aurigae	3.2	4 55 22	+43 41.3	15	γ Geminor[12])	2.0	6 32 24	+16 28.6
23	η Aurigae	3.3	5 0 4	+41 6.7	17	ε Geminor[13])	3.1	6 38 17	+25 13.3
23	ε Leporis	3.2	5 1 34	—22 29.9	18	α Canis mai.[14])	1.0	6 41 6	—16 35.6
24	β Eridani	2.7	5 3 20	— 5 12.4	21	ε Canis mai.	1.5	6 55 1	—28 51.0
25	α Aurigae[3])	1.0	5 9 54	+45 54.4	24	δ Canis mai.[15])	1.9	7 4 40	—26 15.0
25	β Orionis[4])	1.0	5 10 7	— 8 18.8	26	δ Geminor	3.3	7 14 38	+22 9.1
28	γ Orionis[5])	1.7	5 20 12	+ 6 15.9	28	β Canis mai.	2.9	7 22 10	+ 8 28.4
28	β Tauri[6])	1.8	5 20 29	+28 31.8	März 1	α Geminor[16])	1.5	7 28 44	+32 5.5
30	δ Orionis	2.2	5 27 19	— 0 22.1	2	α Canis min.[17])	0.5	7 34 30	+ 5 27.6
30	α Leporis[7])	2.6	5 28 41	—17 53.5	3	β Geminor[18])	1.1	7 39 42	+28 14.9
31	ι Orionis	2.8	5 30 56	— 5 58.4	10	ι Navis	2.8	8 3 38	—24 2.5
31	ε Orionis	1.6	5 31 33	— 1 15.7	21	ζ Hydrae	3.1	8 50 32	+ 6 17.7
31	ζ Tauri	3.0	5 32 9	+21 5.2	22	ι Ursae mai	2.9	8 52 55	+48 24.3
Febr. 1	α Columbae[8])	2.4	5 36 20	—34 7.6	23	κ Ursae mai.	3.3	8 57 22	+47 31.4
3	κ Orionis	2.1	5 43 24	— 9 42.3	28	40 Lyncis	3.2	9 15 28	+34 47.0
5	α Orionis[9])	1.0	5 50 12	+ 7 23.3	30	α Hydrae[19])	2.0	9 23 5	— 8 15.7

2. Veränderliche Sterne. Mira Ceti hat sein Maximum, in dem er diesmal zweiter Größe war, am 15. November überschritten und wird während der Berichtsperiode langsam dem bloßen Auge verschwinden.

1) Alcyone. 2) Aldebaran. 3) Capella. 4) Rigel. 5) Bellatrix. 6) Nath. 7) Arneb. 8) Phakt. 9) Betelgeuze. 10) Kurud. 11) El-Mirzam. 12) Alhena. 13) Mebsuta. 14) Sirius. 15) Wezen. 16) Castor. 17) Procyon. 18) Pollux. 19) Alphard.

Digitized by Google

Algol hat seine **Minima**, in denen er 1.m2 schwächer ist als in normalem Licht, zu folgenden **Zeiten**:

Jan.	2	7h	34m	Febr.	8	14h	10m	März	5	9h	31m
	16	15	39		11	10	59		8	6	20
	19	12	28		14	7	48		22	14	25
	22	9	17		28	15	53		25	11	14
	25	6	5	März	2	12	42		28	8	4

Es ist hierbei die Verfrühung der Minima um 31 Min., wie sie aus Nijlands Beobachtungen (Astr. Nachr. 4211) folgt, bereits eingeschlossen.

3. **Planetenlauf.** Merkur ist am 14. Januar in oberer Konjunktion mit der Sonne und außerdem am 21. in größter südlicher heliozentrischer Breite, also aus beiden Gründen zunächst unsichtbar. Im Februar wird er für kurze Zeit, um den 13. herum, am Abendhimmel im Wassermann sichtbar, doch geht er schon um $6^3/_4$ Uhr unter. Am 28. Febr. ist untere Konjunktion. Gegen Ende März kann man Merkur dann am Südosthimmel morgens zu sehen hoffen, da seine westliche Elongation am 26. nahezu mit seiner Sonnenferne am 29. zusammentrifft. Der Planet steht also weit von der Sonne ab, sowohl räumlich wie im Sehwinkel der Erde. Er ist dann wieder im Wassermann.

Venus ist Abendstern und geht im Steinbock anfangs zwei Stunden nach der Sonne unter. Am 5. Jan. wird man die schmale Mondsichel dicht rechts neben ihr sehen. Rechtläufig tritt die Venus am 16. in den Wassermann und wird hier am 4. Februar von neuem vom Monde eingeholt, der bei Dunkelwerden gerade südlich von ihr steht. Sie geht jetzt $2^1/_2$ Stunden nach der Sonne unter. Am 8. kommt Venus ins Sternbild der Fische und geht am 10. 9 Uhr abends 1°18 nördlich von Saturn vorbei. Am 5. März überholt sie der Mond zum dritten Male, bleibt aber weit südlich von ihr. Am 8. tritt sie ins Sternbild des Widders und hat diesen bis Ende März gerade ganz durchwandert. Ihr Untergang verzögert sich immer mehr und findet Anfang März um 9 Uhr, Ende März um $10^3/_4$ Uhr statt.

Mars schmückt mit seinem roten Licht immer noch den Abendhimmel, entfernt sich aber nun so bedeutend von der Erde, daß er merklich schwächer wird. Rechtläufig finden wir ihn zuerst beim Westrande der Fische bis $10^3/_4$ Uhr, und diese Untergangszeit bleibt während des ganzen Vierteljahres dieselbe. Zwar rückt die Sonne dem Planeten von rechts her in der Ekliptik näher, aber Mars steigt in Deklination so hoch, daß sich sein halber Tagebogen über unserm Horizont so stark verlängert, daß dadurch der frühere Durchgang durch den Meridian ausgeglichen wird. Am 19. Februar tritt Mars rechtläufig in den Widder und ist gegen Ende des Monats ebenfalls bis zum Ostende desselben gekommen, wie Venus, die sich ihm dann stark von rechts nähert. Am 8. Jan., 6. Febr. und 6. März ist der Mond in Konjunktion mit Mars.

Jupiter ist die Glanzerscheinung des Winterhimmels. Zwar steht er nicht mehr so hoch wie im vorigen Jahr und nicht so nahe dessen glänzendsten Sternbildern, wie damals. Diesmal hat er im armen Bilde des Krebses sein Standquartier und füllt die Lücke zwischen Regulus und den Dioskuren aus. Rückläufig zieht er von links her gegen den Haufen der Praesepe, von dem er nur ein wenig südlich bleibt, und wandert an ihr Mitte Februar vorbei. Erst Ende März kommt die Rückläufigkeit zum Stillstand. Schon von Mitte Januar ab ist der Riesenplanet mit Dunkelwerden im Nordosten aufgegangen und bleibt

Digitized by Google

dann bis Tagesanbruch sichtbar. Erst Ende März geht er schon etwas vor Sonnenaufgang unter. Der Mond kreuzt seinen Weg am 19. Jan., am 15. Febr. und 13. März jeweils gleich bei Dunkelwerden.

Saturn ist noch für über zwei Monate Abendstern. Rechtläufig wandert er langsam im Westzipfel des Sternbildes der Fische. Am 1. Jan. ist er bis $10^1/_2$ Uhr, Anfang Februar nur bis $8^1/_2$ Uhr, Anfang März nur bis 7 Uhr zu sehen. Die Sichel des zunehmenden Mondes wird man am 8. Januar links und am 3. März rechts von ihm finden. Sein Ring soll am 7. Januar um 19,6 Uhr wieder sichtbar werden. Bis dahin stand die Sonne südlich der Ringebene, die Erde nördlich derselben. Am genannten Tage geht aber die Erde ebenfalls auf die Südseite der Ringe, und nun sehen wir gegen dieselbe Seite, die auch von der Sonne beschienen wird; diese können wir also sehen, die andere, der vorher unsere Blicke zugewandt waren, nicht. Am genannten Tage muß also der Ring wieder sichtbar werden, zunächst als ganz schmale Linie. Indessen ist zu bemerken, daß im Zwölfzöller der Urania-Sternwarte bereits am 3. November 1907 von einzelnen Beobachtern die Ringlinie geisterhaft fein gesehen wurde und an den folgenden Abenden von zahlreichen Besuchern. Es erklärt sich dies daraus, daß das Ringphänomen eben nicht so einfach einer einzigen Ebene sich anschmiegt, wie die Theorie bei der Berechnung des Wiedererscheinens annahm, sondern, daß die einzelnen Monde, deren Gesamtzahl den Ring ausmachen, auch von der Seite gesehen, einen nicht ganz schmalen Strom bilden. Die uns zugekehrte Kante dieser Meteorschar ist doch zu Zeiten so breit, daß sie, von der Sonne beleuchtet, in stärkeren Fernrohren gesehen werden kann.

Uranus ist im Sternbild des Schützen am Morgenhimmel in sehr ungünstiger Stellung, auch anfangs der Sonne zu nahe.

Neptun steht sehr günstig im Bilde der Zwillinge östlich von ε Geminorum. Zu seiner Aufsuchung gehört, da er nur achter Größe ist, ein Fernrohr und eine Sternkarte, die Fixsterne solcher Helligkeit zeigt. Am 15. Februar ist sein Ort: $6^h\ 54^m + 22^0\ 2'$.

4. **Sternschnuppen.** Dieses Quartal ist arm an regulären Schwärmen; nur aus dem Bootes fallen am 2. und 3. Januar die Quadrantiden.

5. **Jupitertrabanten.** Von den vielen Erscheinungen, die auch ein kleines Fernrohr in der Welt des Jupiter wahrnimmt, seien nachstehend nur jene aufgeführt, die sich vor Mitternacht ereignen. Dabei sind folgende Abkürzungen gebraucht:

Bed. {beg. / end. Bedeckung des Mondes durch den Planeten {beginnt / endigt. Man sieht zu dem ersten Moment den Satelliten hinter dem linken Rande des Planeten verschwinden und beim zweiten rechts hinter dem rechten Rande wieder hervorkommen.

Verf. {beg. / end. Der Mond verschwindet im (resp. tritt aus dem) Schatten des Jupiter. Vor der Opposition des 29. Januar sind bei den beiden innersten Trabanten nur die Eintritte, nach der Opposition bei diesen nur die Austritte zu beobachten, da die beiden andern Momente von der Erde gesehen hinter der Jupiterscheibe stattfinden.

Sch. {beg. / end. Der Schatten des Trabanten tritt {rechts auf die / links von der} Planetenscheibe {hinauf / hinunter.

Vor. {beg. / end. Der Trabant tritt {rechts auf die / links von der} Planetenscheibe {hinauf / hinunter.

Digitized by Google

Januar					
2	I	Sch. beg.	10^h	35^m	
	I	Vor. beg.	11	13	
3	IV	Vor. end.	7	42	
	I	Verf. beg.	7	45	10^s
	I	Bed. end.	10	41	
4	I	Sch. end.	7	23	
	I	Vor. end.	8	0	
	III	Verf. beg.	9	3	29
5	II	Verf. beg.	10	58	46
7	II	Vor. beg.	6	11	
	II	Sch. end.	8	4	
	II	Vor. end.	9	8	
10	I	Verf. beg.	9	38	54
11	IV	Verf. beg.	6	37	33
	I	Sch. beg.	6	57	
	I	Vor. beg.	7	24	
	I	Sch. end.	9	17	
	I	Vor. end.	9	44	
12	I	Bed. end.	6	51	
14	II	Sch. beg.	7	42	
	II	Vor. beg.	8	26	
	II	Sch. end.	10	38	
	II	Vor. end.	11	23	
15	III	Sch. end.	6	49	
	III	Vor. end.	8	14	
16	II	Bed. end.	6	26	
17	I	Verf. beg.	11	32	47
18	I	Sch. beg.	8	51	
	I	Vor. beg.	9	8	
	I	Sch. end.	11	11	
	I	Vor. end.	11	28	
19	I	Verf. beg.	6	1	18
	I	Bed. end.	8	34	
21	II	Sch. beg.	10	17	
	II	Vor. beg.	10	41	
22	III	Sch. beg.	7	6	
	III	Vor. beg.	7	48	
	III	Sch. end.	10	48	
	III	Vor. end.	11	31	
23	II	Bed. end.	8	40	
25	I	Sch. beg.	10	45	
	I	Vor. beg.	10	51	
26	I	Verf. beg.	7	55	23
	I	Bed. end.	10	18	
27	I	Sch. end.	7	34	
	I	Vor. end.	7	37	
29	III	Vor. beg.	11	4	
	III	Sch. beg.	11	5	

Januar					
30	II	Bed. end.	7^h	58^m	
	II	Verf. end.	10	54	35^s
Februar					
2	I	Bed. beg.	9	41	
3	I	Vor. beg.	7	1	
	I	Sch. beg.	7	8	
	I	Vor. end.	9	21	
	I	Sch. end.	9	28	
4	I	Verf. end.	6	33	53
5	IV	Vor. beg.	7	22	
	IV	Sch. beg.	9	2	
6	II	Bed. beg.	10	12	
8	II	Vor. end.	7	13	
	II	Sch. end.	7	42	
9	III	Verf. end.	8	29	42
	I	Bed. beg.	11	25	
10	I	Vor. beg.	8	45	
	I	Sch. beg.	9	2	
	I	Vor. end.	11	5	
	I	Sch. end.	11	23	
11	I	Verf. end.	8	28	24
15	II	Vor. beg.	6	31	
	II	Sch. beg.	7	22	
	II	Vor. end.	9	28	
	II	Sch. end.	10	18	
16	III	Bed. beg.	7	5	
17	I	Vor. beg.	10	29	
	I	Sch. beg.	10	57	
18	I	Bed. beg.	7	36	
	I	Verf. end.	10	23	4
19	I	Vor. end.	7	15	
	I	Sch. end.	7	46	
22	IV	Sch. end.	7	51	
	II	Vor. beg.	8	48	
	II	Sch. beg.	9	58	
	II	Vor. end.	11	44	
23	III	Bed. beg.	10	25	
24	II	Verf. end.	7	57	30
25	I	Bed. beg.	9	20	
26	I	Vor. beg.	6	40	
	I	Sch. beg.	7	20	
	I	Vor. end.	9	1	
	I	Sch. end.	9	40	
27	III	Sch. end.	6	43	
	I	Verf. end.	6	46	40
29	II	Vor. beg.	11	6	
März					
1	IV	Bed. end.	10	22	

März					
2	II	Bed. beg.	6^h	8^m	
	II	Verf. end.	10	32	37^s
3	I	Bed. beg.	11	8	
4	I	Vor. beg.	8	27	
	I	Sch. beg.	9	15	
	I	Vor. end.	10	47	
	I	Sch. end.	11	35	
5	III	Sch. beg.	7	0	
	III	Vor. end.	7	24	
	I	Verf. end	8	41	38
	III	Sch. end.	10	43	
9	II	Bed. beg.	8	28	
11	II	Sch. end.	7	26	
	I	Vor. beg.	10	14	
	I	Sch. beg.	11	9	
12	III	Vor. beg.	7	12	
	I	Bed. beg.	7	22	
	I	Verf. end.	10	36	44
	III	Vor. end.	10	54	
	III	Sch. beg.	11	0	
13	I	Vor. end.	7	1	
	I	Sch. end.	7	58	
16	II	Bed. beg.	10	50	
18	IV	Verf. beg.	6	45	51
	II	Sch. beg.	7	7	
	II	Vor. end.	7	58	
	II	Sch. end.	10	3	
	IV	Verf. end.	11	30	6
19	I	Bed. beg.	9	11	
	III	Vor. beg.	10	47	
20	I	Sch. beg.	7	32	
	I	Vor. end.	8	50	
	I	Sch. end.	9	53	
21	I	Verf. end.	7	0	42
23	III	Verf. end.	8	26	51
25	II	Vor. beg.	7	28	
	II	Sch. beg.	9	44	
	II	Vor. end.	10	25	
26	IV	Vor. end.	9	23	
	I	Bed. beg.	11	1	
27	II	Verf. end.	7	35	4
	I	Vor. beg.	8	19	
	I	Sch. beg.	9	27	
	I	Vor. end.	10	39	
	I	Sch. end.	11	48	
28	I	Verf. end.	8	56	0
30	III	Bed. end.	7	48	
	III	Verf. beg.	8	53	27

Digitized by Google

6. **Sternbedeckungen** durch den **Mond** (sichtbar für Berlin):

Tag	Stern	Größe	Eintritt	Austritt	Positionswinkel[1]) d. Eintritts	Positionswinkel[1]) d. Austritts	Alter des Mondes[2])
Jan. 17	δ Geminorum	3.m3	5h 7.m4	5h 42.m4	32.°7	319.°0	14d
Febr. 11	ζ Tauri	3.0	13 31.1	14 14.3	42.6	313.9	10
13	δ Geminorum	3.3	12 58.7	14 7.1	81.1	293.4	12
März 8	δ[3]) Tauri	5.0	11 2.8	11 42.4	129.0	213.2	6
9	ι Tauri	5.5	5 34.8	6 32.0	30.0	391.3	7

7. **Mond,** a) Phasen.

Neumond	Jan. 3	11h	Febr. 1	22h	März 2	8h
Erstes Viertel	10	3	8	17	9	11
Vollmond	18	3	16	22	17	15
Letztes Viertel	26	4	24	16	25	2

b) Apsiden.

Erdnähe	Jan. 4	1h	Febr. 1	15h	März 1	2h
Erdferne	18	15	15	16	13	15

c) Auf- und Untergänge für Berlin.

Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang
Jan. 1	18h 28m	2h 4m	Febr. 1	20h 14m	3h 30m	März 1	19h 14m	3h 46m
4	21 43	4 45	4	21 40	7 49	4	20 21	8 4
7	23 17	8 53	7	22 40	11 48	7	21 27	11 58
10	— —	12 49	10	23 57	15 22	10	23 13	15 16
13	0 58	16 24	13	1 19	18 9	13	1 1	17 23
16	2 36	19 25	16	4 14	19 46	16	4 18	18 33
19	5 19	21 17	19	7 38	20 45	19	7 49	19 25
22	8 39	22 21	22	11 11	21 39	22	11 33	20 32
25	12 8	23 14	25	14 58	23 9	25	15 6	22 48
28	15 59	— —	28	18 4	1 3	28	17 14	1 19

8. **Sonne.**

Sonntag	Sternzeit f. den mittl. Berl. Mittag	Zeitgleichung mittl. — wahre Z.	Deklination	Aufgang für Berlin	Untergang für Berlin
Jan. 5	18h 54m 37.s03	+ 5m 1.s85	—22° 44.'5	8h 19m	4h 4m
12	19 22 12.93	8 1.72	—21 49.8	8 16	4 7
19	19 49 48.83	10 32.12	—20 34.4	8 9	4 24
26	20 17 24.73	12 27.42	—18 59.9	8 1	4 36
Febr. 2	20 45 0.62	13 44.63	—17 8.4	7 51	4 49
9	21 12 36.51	14 21.75	—15 2.1	7 39	5 3
16	21 40 12.39	14 19.28	—12 43.4	7 25	5 16
23	22 7 48.26	13 41.18	—10 14.8	7 11	5 29

[1]) Vom nördlichsten Punkte des Mondes entgegen dem Uhrzeiger gezählt.

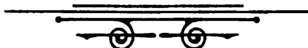
[2]) All diese Bedeckungen finden vor dem Vollmond (Alter 15 Tage) statt, also die Eintritte am dunkeln, die Austritte am hellen Rande.

Digitized by Google

Sonntag	Sternzeit f. den mittl. Berl. Mittag	Zeitgleichung mittl. — wahre Z.	Deklination der Sonne.	Aufgang für Berlin	Untergang
März 1	22h 35m 24.14s	12m 33.00s	— 7° 38.'4	6h 56m	5h 42m
8	23 14 0.02	11 0.01	— 4 56.6	6 40	5 55
15	23 30 35.88	9 7.78	— 2 11.7	6 24	6 8
22	23 58 11.75	7 3.59	+ 0 34.2	6 7	6 21
29	0 25 47.61	4 55.39	+ 3 19.0	5 50	6 32

Die Summe der zweiten und dritten Kolumne gibt die Rektaszension der Sonne; die Äquatorhöhe 37° 29.'7, um die südliche Deklination vermindert, um die nördliche vermehrt, ergibt die Kulminationshöhe der Sonne für Berlin. Am 2. Januar 12 Uhr ist die Sonne in Erdnähe, am 20. März 13h tritt die Sonne in das Himmelszeichen des Widders und beginnt damit den Frühling.

Am 3. Januar findet eine totale Sonnenfinsternis statt, die bei uns gänzlich unsichtbar ist. Sie beginnt um 8h 7.m7 im großen Ozean und zieht dann nach dem mittleren Amerika hinüber, wo sie um 13h 23.m1 endigt.



Digitized by Google



O. Zacharias: Das Plankton als Gegenstand der naturkundlichen Unterweisung in der Schule. Ein Beitrag zur Methodik des biologischen Unterrichts und zu seiner Vertiefung. Mit 28 Abbildungen im Text und einer Karte. Verlag von Theod. Thomas, Leipzig 1907.

Der kleinen Schrift von Zacharias wohnt ein größerer, praktischer Wert inne als manchem umfangreichen Werke; sie ist ein erfreuliches Zeichen für die in allen Kreisen sich regende Forderung nach einer durchgreifenden Reform des biologischen Unterrichts an unseren Schulen. Was das kleine Werk aber vor allem zu einer wirklichen Tat macht, es verliert sich nicht in reinem Theoretisieren, nein, es enthält einen wohlbegründeten, greifbar praktischen Vorschlag, wie diese angestrebte Verbesserung in die Wege geleitet werden kann. Niemand, der die Schrift Zacharias' aufmerksam studiert und auf die Gedankengänge und Beweisführung des Verfassers eingeht, wird sich dem Eindruck verschließen können, daß hier eine hochbedeutsame und Erfolg verheißende Anregung vorliegt. Ich gebe zu, daß es zuerst manchen sonderbar berührt, warum gerade das Plankton, dieses scheinbar so enge Spezialgebiet der Biologie, zum Mittel- und Ausgangspunkte der naturwissenschaftlichen Unterweisung erhoben werden soll. Dieses Staunen und Mißtrauen rührt aber in den meisten Fällen von einer nicht genügenden Vertrautheit mit dem Gegenstande her. Wird doch die Planktonkunde selbst in zahlreichen Universitätsinstituten noch immer recht stiefmütterlich behandelt, ja findet man doch selbst unter dem gebildeten und den Naturwissenschaften ein lebhaftes Interesse entgegenbringendem Publikum viele, denen sogar der Name „Plankton" noch fremd ist.

Bekanntlich begreift man unter dem Namen Plankton die gesamte reiche, zum größten Teil jenseits der Sichtbarkeitsgrenze stehende Welt des Lebens, Tiere so gut wie Pflanzen, die frei im Wasser schwebend alle Meere und Seen, alle Tümpel und Pfützen in unermeßlichen Scharen bevölkern. Die Gründe, warum gerade diese mikroskopische Fauna und Flora so besonders dazu geeignet erscheint, den Schüler in das Gebiet der Biologie einzuführen und sein Interesse lebendig zu erhalten, sind kurz folgende: Wo immer die Lehranstalt liegt, in der Stadt, im Dorfe oder auf dem Lande, überall gibt es Teiche, Gräben, Wasserlachen. Wo diese Bedingungen aber erfüllt sind, kann niemals Mangel an Material eintreten. Dann läßt sich auch kaum ein zweites Gebiet finden, dessen Studium eine so „klare Einsicht in das Zusammenspiel der wichtigsten biologischen Faktoren im kleinen gewährt, die auch im großen tätig sind". Welche unerschöpfliche Formenfülle bietet ferner diese winzige Schwebewelt. An die Stelle von Abbildungen oder totem Anschauungsmaterial kann hier mit leichter Mühe die unmittelbare Beobachtung des Lebens gesetzt werden, wodurch nicht nur das Interesse der Schüler erhöht, sondern vor allem auch die Beobachtungs- und Kombinationsgabe geschärft wird. Da eine große Anzahl der Planktonorganismen glasartig durchsichtig ist, gestat-

Digitized by Google

ten sie bereits während des Lebens einen vollen Einblick in ihre innere Organisation. Die Schönheit und Zierlichkeit der Formen, die strenge Gesetzmäßigkeit in ihrem Aufbau, die Mannigfaltigkeit im engsten Raume bildet für den jugendlich empfänglichen Geist eine stete Quelle der Anregung und Erhebung, weckt den ästhetischen Sinn und zieht ihn mächtiger als alles andere von rohen, unschönen Vergnügungen ab. Endlich darf auch die hohe volkswirtschaftliche Bedeutung dieser Schwebewelt nicht vergessen werden; basiert doch im letzten Grunde die Existenz der Völker des hohen Nordens auf dem Plankton, und spielt es doch ebenfalls in unserem Wirtschaftsleben eine wichtige Rolle. Allerdings lassen sich auch die Schwierigkeiten, die einer Einbeziehung der Planktonkunde in den naturwissenschaftlichen Schulunterricht entgegenstehen, nicht verkennen, und auch Zacharias verhehlt sie sich nicht. Vor allem fehlt es heute noch an geschulten Lehrern, dann bietet aber auch die Ausrüstung der Lehranstalten mit entsprechenden Mikroskopen etc. eine notwendige Voraussetzung. Doch wo ein Wille ist, ist auch ein Weg! — — Man kann die Lektüre der Zachariasschen Schrift nur allen Lehrern empfehlen und hoffen, daß auch die maßgebenden Kreise sich eingehend mit diesen Vorschlägen beschäftigen; sie enthalten einen so gesunden Kern, daß dem biologischen Unterricht daraus nur Nutzen erwachsen kann. Dr. Thesing.

J. und R. Ambronn. Sternverzeichnis, enthaltend alle Sterne bis zur 6,5. Größe für das Jahr 1900.0, bearbeitet auf Grund der neuen Kataloge und zusammengestellt. Mit einem erläuternden Vorwort versehen und herausgegeben von Dr. L. Ambronn, Berlin, Verlag von Julius Springer 1907.

Die Idee, ein Verzeichnis der dem unbewaffneten Auge — bei äußerster Leistungsfähigkeit — sichtbaren Sterne zusammenzustellen, dürfte allseits freudig begrüßt werden. Selbst die Fachastronomen werden für sehr viele Zwecke, wo sie es nur mit helleren Objekten zu tun haben, dankbar das vorliegende übersichtliche Verzeichnis zur Hand nehmen. Die Ortsangaben sind aus **einem** als Nachweis aufgeführten modernen Katalog entnommen mit Ausnahme der Fundamentalsterne. Dies reicht aber für die Zwecke des Werkes vollkommen aus. Die Helligkeit ist mit wenigen Ausnahmen (südliche Sterne) guten photometrischen Messungen entlehnt; die auf 3 resp. Dezimalen beigegebenen Präzessionen erlauben eine Benutzung des Katalogs für das ganze 20. Jahrhundert mit Ausnahme der sehr polnahen Sterne.

Über die Notwendigkeit, die Nummer der Durchmusterung diesen hellen Sternen beizusetzen, kann man verschiedener Ansicht sein. Sollte sie aber gegeben werden, so mußte dies für alle Sterne und nicht bloß bis zur Grenze von Schönfelds Werk geschehen. Referent hätte den durch Wegfall dieser Kolumne gewonnenen Raum lieber mit den jetzt S. 161—177 gesondert aufgeführten Eigenbewegungen gefüllt gesehen und hätte gewünscht, daß die Orte mit deren Hilfe alle auf 1900.00 gebracht worden wären und nicht bloß die Fundamentalsterne. Auch wäre es berechtigt gewesen im Hinblick auf den Zweck des Werkes, überall die E. B. an die Präzession anzubringen und auch für die Mehrzahl der Sterne (statt bloß für die Fundamentalsterne) **wirklich** die jährlichen Veränderungen anzugeben, welche die Kolumnen-Überschrift anzeigt. Jetzt muß man immer an zwei Stellen des Buches nachsehen und eine Rechnung ausführen, um den Ort für 1900.0 zu erhalten, von dem man zur Erlangung der Position für ein anderes Jahr auszugehen hat. Die Heraus-

Digitized by Google

geber eines für weite Kreise bestimmten Buches mußten mit der Bequemlichkeit des Benutzers rechnen, der nicht immer die Einleitung durchlesen kann, wenn er ein Nachschlagewerk aufschlägt und blindlings den Kolumnen-Überschriften glaubt. Es muß aber zugute gehalten werden, daß ein Übersehen der Eigenbewegung in den allermeisten Fällen von laienhafter Benutzung des Werkes ohne jeden Schaden sein wird.

Dagegen lassen nun wieder die reichen Angaben über Doppelsterne und Spektralfarbe, sowie die ausführlichen Anmerkungen das Werk selbst für den verwöhnten Fachmann als ein sehr schätzenswertes erscheinen.

Bei der weiten Verbreitung, die Referent dem Werke wünscht, dürfte die Anzeige der von ihm aufgefundenen Druck- etc. Fehler den Lesern dieser Zeitschrift nicht unwillkommen sein. Zunächst seien einige auffällige Druckfehler bloß ihrem Orte nach angezeigt, die jeder zumal mit Fremdsprachen Vertraute sofort selbst berichtigen wird: Seite VII, Zeile 4, 26; Seite VIII, Zeile 13, 14, 17, 27, 28, 30; Stern No. 6 Nachweis; Nr. 4109 Anmerkung, Zeile 3; No. 4634 Anmerkung, Zeile 2; No. 6451 Anmerkung; No. 7256 Anmerkung; Seite 180, Zeile 2 von unten. Der Name von Heis ist meist falsch geschrieben. Mehrere Fehler finden sich in den Sternnamen in den Anmerkungen; 1993 l. Kurud. 2309 l. Muliphain. 3050 der Name Sertan kommt $\alpha^1 + \alpha^2$ Cancri zu 3941 l. Alchiba. 4409 l. Benetnasch. 4688 der Name Zuben el schemali gehört zu 4827. 4761 l. Zubenhakrabi. 4774 der Name Zubenhakrabi gehört zu 4761. 4827 l. Zuben-el-schemali. 4884 Name sonst nicht gebräuchlich. 5084 der Name Akrab und die Bezeichnung β Scorpii gehören zu 5087. 5111 l. Marfik. 5335 ist k (nicht x) Herculis, Name (übrigens verdruckt) zu löschen. 5562 l. Lesath. 5714 l. Ettanin. 6046 l. Selibak. 6411 l. Atair. 6576 und 6781 l. Algedi. Einfach zu löschen ist der Name bei 4673, 4760, 4917, 5561, 7091.

Bei folgenden Sternen fehlen die (durchaus gebräuchlichen) Sternnamen: 19 Kaph, 34 Algenib, 370 Cynosura, 559 Hamal, 1104 Zaurak, 1483 Cursa, 1646 Arneb, 1871 Propus, 2003 Mirzam, 4198 Vindemiatrix, 4694—6 Zubenelgenubi, 4969 Unuk, 5202 Maasym.

Bei 157 fehlt Bemerkung über den Andromeda-Nebel; bei 370 über die spektroskopisch erkannte Triplizität des Polarsterns; bei 495 und 1412 über die Art der Variabilität; bei 483 hätten beide Koordinaten für dieselbe Komponente oder für die Mitte angesetzt werden sollen; bei 612 fehlt die Angabe der Größenschwankung; 840. Daß bei Algol die Licht-Zu- und Abnahme merklich verschiedene Dauer habe, wird nach den Untersuchungen von Müller (A. N. 3733) gewiß bestritten werden müssen; 1531. Der Stern kommt in den 5 Katalogen Lacaille, Gillis' Zonen, Gould's Zonen- und General Catalog und Cap 1880 vor. Er ist als 8. Größe überhaupt aus dem Kataloge zu löschen; 2590 ist nicht vielfach. Auch bei 5654 ist (wie bei 5655) ausnahmsweise die E. B. an die Präzession angebracht. Als einzig fehlerhafter Ort ist mir bei der Vergleichung der ersten 6 Stunden des Cap-Catalogs für 1900. (δ — 40^0 bis — 52^0) die R. A. von No. 108 bekannt geworden. Sie muß lauten: $0^h\ 25^m\ 35.^s8$.

Das Argument der Präzessionstabellen im Anhang muß die Überschrift " st' " haben. In dem dem Referenten vorliegenden Exemplar sind Tafeln der Vielfachen der Präzession nur von 0."00 bis 4."80 enthalten, für 4."80 bis 20."05 fehlen sie. t.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google



Mechanische oder elektrische Naturauffassung?

Mit einer Darstellung der modernen Elektronentheorie.

Gemeinverständlicher Vortrag,
gehalten am 30. Oktober 1907 im Wissenschaftlichen Verein in Berlin
von Prof. Dr. **Ernst Lecher** in Prag.

Die Physik ist unter den Naturwissenschaften eine der ältesten. Den jüngeren Schwesterwissenschaften bot sie ihre reiche Beute an Schätzen zur Benutzung; fast wichtiger scheint mir aber, daß sie vorbildlich wirkt durch die Methode ihrer Arbeit, pfadweisend durch ihre Geistesart. Sprechen wir von herrschenden Denkrichtungen in der Physik, so handelt es sich um Familienzüge, die zum Teil wenigstens allen Naturwissenschaften gemeinsam sind.

Darum darf ich, hochansehnliche Versammlung, für folgende physikalische Ausführungen vielleicht Ihr geneigtes Interesse erhoffen!

Den Anfang jedes naturwissenschaftlichen Erkennens bildet die Beobachtung. Als zweite Aufgabe erwächst dann sinngemäß die entsprechende Zusammenfassung zusammengehöriger Beobachtungen durch ein einziges Gesetz. Eine solche Methode der Forschung, ich will sie die klassische nennen, leitet also ihre Schlüsse direkt von den wirklich gesehenen Tatsachen ab. Ihr müssen wir eine andere, die spekulative Methode, gegenüberstellen. Zum Zweck des Verständnisses der wirklich gesehenen Erscheinungen bezieht diese spekulative Arbeitsweise ihre Folgerungen auf hypothetische Voraussetzungen, d. h. auf Vorgänge, die zwar nach sonstigen analogen Erfahrungen möglich wären, die aber selbst — ob ihrer Schnelligkeit oder Kleinheit oder dergleichen — direkt nicht zu sehen sind und oft auch in Zukunft nicht zu sehen sein werden.

Ein vorzügliches Beispiel für jede dieser Forschungsarten liefert uns Newton. An der Hand der Keppler'schen Beobachtungen beschreibt sein

Digitized by Google

berühmtes Gravitationsgesetz die gegenseitige Anziehung aller Materie; es erklärte den verwickelten Lauf der bekannten Gestirne und lehrte neue entdecken. Newton selbst kennzeichnet diese klassische Methode stolz durch sein Motto: Hypotheses non fingo; in vornehmer Zurückhaltung verschmäht er jede Hypothesenbildung. Und ebenderselbe Newton liefert uns in seiner Optik ein treffendes Muster der spekulativen Methode; nach ihm sollen wir einen leuchtenden Körper darum sehen, weil dieser Lichtteilchen gegen unser Auge schleudert.

Aus diesen zwei typischen Beispielen können wir auch Typisches lernen.

Das klassische Gravitationsgesetz steht immer noch aufrecht als Grundlage der theoretischen Astronomie. Seitdem dasselbe vor mehr als zwei Jahrhunderten ausgesprochen wurde, mußte es an irdischer und kosmischer Materie so zahlreiche Proben bestehen, daß wir dieses Gesetz nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit als gesichert ansehen dürfen. Die eigentlich physikalische Kernfrage aber, die Frage nach dem Wesen der Gravitation blieb ungelöst. Analoge Vor- und Nachteile zeigen alle Resultate der klassischen Richtung.

Newtons optische Spekulationen haben sich aber längst als Truggebilde erwiesen. Neue Hypothesen traten an ihre Stelle, und gerade in diesem Wechsel wuchs unser Verständnis. Stets aber sollen wir uns bei solchen Hypothesenbildungen des Unsicheren, des wahrscheinlicherweise nur Provisorischen dieser Vorstellungen bewußt bleiben. Das gilt für alle spekulativen Methoden.

Die klassischen Methoden arbeiten also verläßlicher; oft aber müssen wir mit dem weniger Sicheren vorlieb nehmen. Ein modernes Handelshaus wird in einer richtigen Bilanz gewiß auch nur die sicheren Werte wirklich werten, wiewohl vielleicht die größeren Gewinne aus minder sicheren, aus spekulativen Quellen stammen. So können auch wir Physiker in unserer wissenschaftlichen Bilanz die Ergebnisse der klassischen Methode höher einschätzen als die der spekulativen. In vielen Fällen kommen wir aber bei nötiger Vorsicht auf letzterem Wege weiter.

Wo münden aber alle diese Wege? Was hoffen wir mit all unseren Mühen zu erreichen? Ich will heute zeigen, daß es da eine Grenze für unsere Bestrebungen gibt, und wenn wir auch wähnen, diese Schranke hinter uns zu haben, wir müssen immer wieder in dieselbe zurück.

Stellen wir zunächst folgende Frage: Ist es möglich, daß wir Menschen jemals zu einer Erkenntnis gelangen können, die, unabhängig von unseren Sinneseindrücken, unabhängig von unserem Denkvermögen, absolute Gültigkeit hat; oder, dasselbe vielleicht drastischer ausgedrückt: würden unsere derzeitigen Naturgesetze auch existieren, wenn nie ein

Digitized by Google

denkender Mensch sie erkannt hätte — oder aber — dies wäre die entgegengesetzte Auffassung — sind diese Gesetze nur, wie Mach meint, „Einschränkungen, die wir unter der Leitung der Erfahrung unseren Erwartungen vorschreiben??"

Eine Voraussetzung muß auch die voraussetzungsloseste Wissenschaft machen; wir müssen nämlich des festen Glaubens sein, daß unabhängig von unserem Dasein ein bestimmter Zusammenhang der Naturvorgänge stattfindet. Sonst wäre jede Naturwissenschaft unmöglich. Die Aufzeichnung jedoch dieses äußeren Zusammenhanges im menschlichen Denken hängt natürlich von den Eigentümlichkeiten dieses menschlichen Geistes ab. Unser Geist besorgt die Textierung des Gesetzes. Die Richtigkeit dieser Formulierung, die Richtigkeit dieses Bildes der Außenwelt in uns bestimmt aber den ganzen Fortschritt des Menschengeschlechtes. Jeder Trugschluß rächt sich, denn unerbittlich schreiten die äußeren Ereignisse weiter, trotz und eventuell gegen solche falschen Geistesschlüsse. Darum wird der Kampf ums Dasein für uns Menschen zu einem Kampfe um die richtige Logik. Jahrtausendelange Anpassung modelt aber glücklicherweise den menschlichen Geist so, daß die logischen Konsequenzen unserer Denkprozesse sich immer mehr und mehr der unveränderlichen, ewigen Folge der wirklichen Naturgeschehnisse akkomodieren.

Nun ist unser Geist nur ein menschlicher Geist. Jede Äußerung menschlichen Fühlens und Denkens muß darum immer anthropomorph sein. Unter Anthropomorphismus versteht man zunächst die Darstellung von etwas Übermenschlichem in menschlicher Gestalt. Schon der eleatische Philosoph Xenophanes meinte, wenn Tiere Religion hätten, so könnten Stiere oder Löwen ihren Gott nur in Stier- respektive Löwengestalt sich vorstellen. Falsch ist es, wenn es heißt: Gott schuf den Menschen nach seinem Ebenbilde; nein, wir Menschen schufen Gott nach unserem Ebenbilde[1]). Diese Auffassung hat nichts Antireligiöses in sich, sie ist bedingt durch die Beschränktheit unserer Vorstellungsmöglichkeiten. Der Geist, den wir begreifen sollen, muß uns gleichen. Die gottbegnadetste künstlerische Phantasie kann nur mittels Sinneseindrücken an unser Inneres heran und muß daher auf früheren Sinneseindrücken aufbauen. Der allerfrömmste Maler, der Gott malt, kann Gott nur in irgend einer Erscheinungsform malen, die unseren Sinnen bekannt ist. Wir Menschen müssen alles vermenschlichen.

Darum ist auch jede menschliche Wissenschaft, zumal die Naturwissenschaft anthropomorph. Unsere Sinne sind die einzigen Eingangs-

[1]) Schleiermacher, der gewöhnlich als Autor dieses Ausspruches angegeben wird, entlehnte denselben, wie mir Herr Dr. P. Schwahn gütigst mitteilte, dem berühmten Satiriker und Physiker C. L. Lichtenberg.

Digitized by Google

pforten aller Erkenntnis; und wir drücken jedem Ereignis den Stempel unseres menschlichen Ichs auf.

Die ersten und gewiß eindruckvollsten Erfahrungen, welche die Menschheit in ihrer Kindeszeit gemacht hat und welche jedes Kind immer von neuem wiederholt, sind die einer harten, undurchdringlichen Außenwelt. Wir stoßen an schwere und schwer in Bewegung zu setzende Körper, an Körper, deren Heben und Werfen Anstrengung erheischt. Die Summe dieser Erfahrungen unserer Vorfahren haben wir nicht umsonst geerbt, die eigenen Kindeseindrücke nicht umsonst erlebt. Die Mechanik ist darum die vollendetste, weil sie die zuerst in Angriff genommene Wissenschaft ist. Wir denken am leichtesten in den alt vertrauten mechanischen Bildern, und es ist eine mechanische Naturauffassung uns menschlichen Naturforschern die nächstliegende. Nie und nimmer dürfen wir aber vergessen, daß eine solche Weltauffassung anthropomorphen Ursprungs ist[1]).

Wie es nun sicher tief religiös veranlagte Seelen gibt, die über den Anthropomorphismus hinausstreben, die sich durch allzu menschliche Darstellung des Göttlichen beengt fühlen, so gibt es auch Forscher, denen das allzu Anthropomorphe in der Physik mißbehagt. Wir können auch von einer gewissen Keuschheit in wissenschaftlichem Empfinden sprechen. Jede Keuschheit setzt aber Entsagung voraus, die natürlich dem einen leichter, dem anderen schwerer fällt. Ein solches Entsagen verlangen bis zu einem mehr oder minder hohen Grade alle Naturgesetze unseres klassischen Typus. So wollen, um nur ein Beispiel herauszugreifen, namhafte Forscher von der kinetischen Gastheorie nichts wissen; ihnen genügt die experimentell gefundene Gleichung, welche den Zusammenhang von Druck, Volumen und Temperatur eines Gases darstellt. Die stark anthropomorphe Vorstellung hingegen, daß der Druck eines Gases gegen die einschließenden Wände hervorgebracht würde durch den Anprall hin und her fliegender Gasteilchen, diese an Erfolg so überreiche spekulative Darstellung erscheint ihnen mechanisch trivial.

Gilt aber nicht ebendasselbe für jene sogenannte theoretische Optik, welche um die Mitte des vorigen Jahrhunderts unbestritten Alleinherrscherin auf ihrem Gebiete war? Trotz ihrer Vollendung muß doch auch die anthropomorphe Vorstellung eines außerhalb und innerhalb der Körper rasch hin und her pendelnden Ätherteilchens eine mechanistisch triviale genannt werden. Darum wirkte auch die Ablösung dieses Gedankens durch die elektromagnetische Lichttheorie in gewissem Sinne befreiend. Aber nur scheinbar befreiend. Was Fresnel als schwingende Bewegung

---

[1]) Einige Sätze dieses Absatzes und auch des Schlusses sind einer früheren Publikation von mir entnommen. Jahresbericht 1903 der Lesehalle deutscher Studenten in Prag.

Digitized by Google

des Äthers auffaßt, ist nach Maxwell schwingende Elektrizität. Letzterer erklomm jedoch dadurch einen viel umfassenderen Standpunkt, denn er machte so die ganze Optik zu einem Teilgebiete der Elektrizitätslehre, neue, ungeahnte Beziehungen aufdeckend. Wir erlebten damit eine der glänzendsten und fruchtbarsten Epochen der Physik, welche eine reiche theoretische und praktische Ernte — ich erinnere nur an die drahtlose Telegraphie — einheimsen durfte. Die Arbeitsweise der elektromagnetischen Lichttheorie gehört der klassischen Methode an, und da treten die anthropomorphen Vorstellungen weniger offen zutage, was sicherlich von manchen Forschern als Vorteil empfunden wurde. Doch wäre es Täuschung zu glauben, daß man solche Vorstellungen ganz entbehren könne. Denn auch hier sprechen wir von Kräften, Energien, von elastischen Spannungen im Äther usw.

Natürlich war auch diese Lichttheorie nicht allmächtig. In manchen Gebieten der Optik (z. B. Dispersion) versagte ihre sonst so sicher siegende Kraft. Dort, wo der das ganze Universum füllende und durchdringende Lichtäther an die gewöhnliche Materie anbrandet, erwuchsen Schwierigkeiten.

Diese Maxwell'sche Elektrisierung der Optik, wenn ich einen solchen der praktischen Bahntechnik entnommenen Ausdruck gebrauchen darf, erhielt nun in den letzten Jahren ein interessantes Seitenstück. Es sind Ansätze vorhanden, welche es nicht ausgeschlossen erscheinen lassen, daß wir einige der wichtigsten mechanischen Eigenschaften der Materie einmal durch elektrische Beziehungen werden verstehen können. Man erhielte dann neben der Maxwell'schen Elektrisierung der Optik eine derzeit allerdings nur in den Anfangsstadien befindliche Elektrisierung der Mechanik. Damit würde das ganze Gebiet der Physik eine elektrische Wissenschaft, und in weiterer Folge hätten wir es auch in den übrigen Naturwissenschaften statt mit der bisher herrschenden mechanischen, mit einer elektrischen Naturauffassung zu tun[1]).

Über die Möglichkeit einer solchen Elektrisierung der Mechanik und ihre wahrscheinliche Lebensdauer möchte ich heute sprechen. Es handelt sich da um das jüngste und darum am meisten gehätschelte Kind der Physik; das liebe kleine Wesen heißt „Elektron". Dieses Elektron, ein wahres Wunderkind, besitzt so zahlreiche Wirkungsmöglichkeiten, daß

[1]) Der Ausdruck „mechanische Naturauffassung" ist wohl sprachlich nicht einwandfrei; er erinnert an den „gebogenen Sesselfabrikanten" und ähnliche Mißbildungen. Darum wäre die Form „mechanistische Naturauffassung" wohl vorzuziehen, naturgemäß lautete es dann aber auch „elektrizistische Naturauffassung". Ich wählte letztere Ausdrucksweise nicht, um Mißdeutungen zu vermeiden.

Digitized by Google

ihm wohl kein Physiker mit Bestimmtheit ein richtiges Horoskop stellen könnte. Ja, es gibt auch unter den Physikern böse Menschen, welche dem Wunderkinde eine allzu gedeihliche Zukunft absprechen. Die bisherige Elektronentheorie oder Elektronik bildet ein vorzügliches Beispiel der spekulativen Forschungsmethode, und ich betone noch einmal, daß wir hier in unseren Hypothesenbildungen weit über das direkt Gesehene hinausgehen. Zunächst will ich, und zwar meist an der Hand einiger diesbezüglicher Hauptexperimente, die einschlägigen Ideen kurz, gleichsam nur in Kapitelüberschriften, andeuten.

Molekel, Atom.

Was ein Atom ist, darf wohl als bekannt vorausgesetzt werden. Es galt bisher als letzte Einheit der Materie. Teilen wir einen Körper in immer kleinere und kleinere Partikelchen, wobei wir die ausgesuchtesten Hilfsmittel der Physik und Chemie aufbieten, so kommen wir experimentell nicht unter eine gewisse Grenze. Im Geiste können wir diese Teilung natürlich soweit fortsetzen, als dies zur Erklärung der so mannigfach verschiedenen chemischen und physikalischen Erscheinungen notwendig ist. Eine solche die ganze Chemie beherrschende Erscheinung beschreibt das Gesetz der sogenannten konstanten oder multiplen Proportionen. Unsere chemisch nicht mehr teilbaren Grundstoffe nämlich, die Elemente, bilden die verschiedensten Verbindungen miteinander und immer finden wir dann im zusammengesetzten Körper einfache Gewichtsverhältnisse der einzelnen zusammensetzenden Elemente. Vor etwa einem Jahrhundert wurde die Entdeckung dieses chemischen Grundgesetzes der Anlaß zur Einführung der Atomistik in die exakten Naturwissenschaften.

Die Struktur aller Materie ist also eine körnige, die einzelnen Körnchen heißen zunächst Molekel, von denen jedes aus einzelnen oder mehreren Atomen gleicher oder verschiedener Art besteht. Atome gibt es so vielerlei verschiedene Arten als der Chemiker Elemente kennt; die Atome einer Art sind identisch gleich, dieselben sind aber von Element zu Element verschieden. Man konnte sogar indirekt die Größe dieser Atome ungefähr schätzen. Dabei fand z. B. der Elektriker, daß er diesen letzten Einheiten der Materie eine bestimmte Größe zuschreiben müsse, um gewisse elektrische Phänomene verständlich zu machen. Zu derselben Größenordnung führten aber andrerseits Überlegungen der Wärmetheorie oder der Optik. Man kommt also auf vielerlei und voneinander ganz unabhängigen Wegen zu der gleichen Größenvorstellung. Es muß somit doch etwas Wahres an dieser Vorstellung sein. Solche Atome sind natürlich sehr kleine Dingerchen; die kleinsten Atome hat Wasserstoff. Denken wir uns die Masse eines Gramms, d. i. einen Kubikzentimeter,

Digitized by Google

Wasser, soviel als etwa in die Hälfte eines Fingerhutes hineingeht, auf der einen Seite einer Wage, so müssen wir auf die andere Seite dieser Wage eine Quadrillion oder 1 000 000 000 000 000 000 000 000 solcher Wasserstoff-Atome legen, damit Gleichgewicht herrscht. Der Durchmesser eines Wasserstoff-Atoms ist von der Größenordnung $\frac{1}{10\,000\,000}$ Millimeter.

Das Atom selbst, zu deutsch das „Unzerschneidbare", sollte nicht weiter teilbar sein. Dieses Axiom beherrschte, abgesehen von einigen abweichenden, aber mehr philosophischen Phantastereien, die gesamten Naturwissenschaften. Einer unserer ersten Physiker, Maxwell, nennt die Atome die Bausteine, aus welchen „Er", der Schöpfer, die Welt gemacht.

Es galt als physisch unmöglich, die Atome zu teilen. Als daher Crookes 1879 derartiges zu können vorgab, begegnete er allgemeinem Mißtrauen. Man hielt dem Spiritismus des sonst so hochverdienten

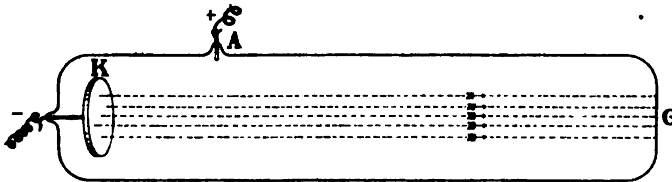


Fig. 1.

Mannes diese seine Extravaganzen zugute. Immer deutlicher und klarer wurde es aber im Laufe der Entwicklung, daß wir in Crookes nicht nur den glänzenden Experimentator, als der er immer gegolten, sondern auch den genialen Denker verehren müssen, der prophetischen Blickes seiner Wissenschaft neue Bahnen gewiesen hat. Wenn auch die Versuche von Crookes nicht neu waren, da sie schon vorher von den Deutschen Plücker und Hittorf gemacht worden waren, so gebührt doch dem Engländer das Verdienst des starken Glaubens, daß in dem Studium der Kathodenstrahlen die großen Probleme der nächsten Zukunft zu suchen seien. Allerdings mußten viele seiner Ideen modifiziert werden.

Kathodenstrahlen. Anoden-(Kanal-)Strahlen. Röntgenstrahlen.

Sie sehen hier (Fig. 1) eine allseitig geschlossene Glasröhre, aus welcher die Luft durch Auspumpen fast ganz entfernt ist; ein Quecksilberbarometer in dieser Röhre würde statt des normalen Luftdrucks von etwa 760 Millimeter nur etwa $^1/_{100}$ Millimeter Druck zeigen. Eine Drahtleitung, die das Glas luftdicht durchsetzt, endet in der Röhre an einer Metallscheibe K (Kathode); verbinden wir diese mit dem negativen Pole einer

Digitized by Google

hochgespannten Elektrizitätsquelle und eine zweite beliebig geformte Drahtleitung A (Anode) mit dem entsprechenden positiven Pole, so erstrahlt, indes die ganze Röhre fast dunkel bleibt, die der Kathode gegenüberliegende Glaswand G in hellgrünem Fluoreszenzlichte. Die Farbe dieses Fluoreszenzlichtes ist nebensächlich; es gibt Substanzen, die in G mit blauem, rotem oder anderem Lichte leuchten. Gleichzeitig wird in G Wärme erzeugt; doch ist dies eine von der Fluoreszenz unabhängige Erscheinung. Wir kommen später darauf zurück.

Bringen wir zwischen diese Glaswand G und die Kathode irgend ein dickeres Metallblech, etwa 1 Millimeter dick, z. B. von der Form eines Kreuzes, so zeigt sich in G ein scharfer Schatten dieses Kreuzes. Es ist also so, als ob von der Kathodenscheibe senkrecht etwas geradlinig fortginge, das beim Anlangen an der gegenüberliegenden Glaswand diese zum Fluoreszieren bringt. Licht kann es nicht sein, denn eine leuchtende Scheibe könnte vom Kreuze keinen so scharfen Schatten entwerfen. Licht kann es daher aber auch nicht sein, weil, wie ich nun zeigen will, die Bahn dieser von der Kathode ausgehenden Strahlung durch magnetische Kräfte gebogen wird.

Dieser Versuch ist für die Elektronentheorie wohl der wichtigste.

Ich habe hier eine andere ausgepumpte Röhre, die ich aber vertikal stelle. Die Kathodenscheibe liegt oben und die Strahlung geht nach abwärts (Fig. 2). Durch ein kleines Diaphragma D sind die Kathodenstrahlen auf ein schmales Bündel eingeengt, und sie streifen längs ihrer ganzen Bahn an einer rot fluoreszierenden Wand R. Sie sehen daher nicht wie früher nur das Ende, sondern den ganzen Kathodenstrahl. Nähere ich nun von der Seite einen Magneten M, so bemerken Sie, wie die Kraftwirkung, die sogenannten Kraftlinien des Magneten, die nun von vorn nach hinten in horizontaler Richtung senkrecht zum Kathodenstrahl hindurchgehen, diesen zur Seite treiben. Drehe ich den Magneten und damit die magnetischen Kraftlinien um, so erfolgt die Ablenkung des Kathodenstrahles nach entgegengesetzter Richtung, die Abstoßung verwandelt sich in Anziehung.

Ich mache den analogen Versuch mit einem gewöhnlichen Strome (Fig. 3). Hier ist das eine Ende K′ eines Platindrahtes Pt mit dem negativen Pole, und A′ mit dem positiven Pole einer Batterie verbunden; es fließt also ein negativer elektrischer Strom von oben nach unten. Das obere Ende ist fest, indes das untere in Quecksilber taucht. Es ist also das untere Ende dieses Platindrahtes verschiebbar. Solange kein Strom durch den Draht fließt, hängt der Draht vertikal (punktiert gezeichnet), und das Nähern des Magneten ist ohne Einfluß. Nun schließe ich den Strom. (Der Draht glüht hell, damit Sie denselben

Digitized by Google

leicht sehen können; das Glühen hat aber mit dieser Erscheinung nichts zu tun.) Nähere ich nun einen Magneten M wie früher, so sehen Sie genau analoge Erscheinungen des Stromträgers: Abstoßung oder Anziehung.

Daraus müssen wir zunächst schließen, daß auch in unserem Kathodenstrahl ein negativ elektrischer Strom vertikal von der Kathode weg nach unten fließt. Könnte nun dieser Kathodenstrahl nicht einfach ein gewöhnlicher elektrischer Strom sein wie in unserm Drahte K′ A′? Ja und nein; gewiß nicht im gebräuchlichen Sinne des Wortes. Denn ein gewöhnlicher Strom fließt den Leitungsdraht entlang den kürzesten Weg; in einer Kathodenröhre geht aber die Strahlung senkrecht von der Kathodenscheibe weg, wobei es ganz gleichgültig ist, wo die Anode (A in Fig. 1 oder in Fig. 2) sich befindet.

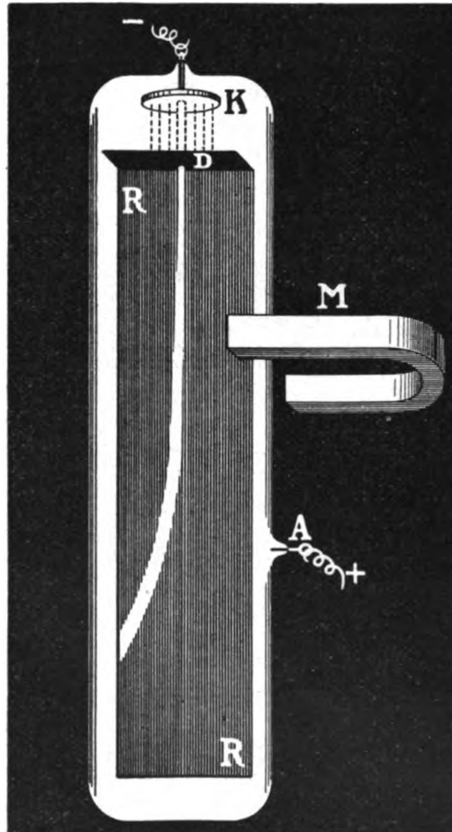


Fig. 2.

Die einfachste Vorstellung für diese Erscheinung gewinnen wir durch die Hypothese, daß von der Kathode weg sehr kleine, negativ geladene Teilchen mit großer Geschwindigkeit weggeschleudert werden.

Diese Teilchen heißen Elektronen.

Dieselben sind sehr klein, denn sie durchfliegen ein dünnes, etwa ein Hundertstel Millimeter dickes Aluminiumblech, welches keine Spur eines gewöhnlichen Gases hindurchläßt. Da sie trotz ihrer Kleinheit beim Anprall am Ende ihrer Bahn Wärme erzeugen, muß ihre Geschwindigkeit eine sehr große sein. Und weil sie negative Elektrizität mit sich führen, müssen die Teilchen negativ elektrisch geladen sein.

Letzteres kann man direkt beweisen, indem man den Kathodenstrahl auf einen isolierten Metallkörper auffallen läßt. Dieser zeigt dann

Digitized by Google

bald eine negative Ladung. Einen indirekten Beweis dieser negativen Ladung des Kathodenstrahles ergibt die Tatsache, daß derselbe auch durch elektrostatische Kräfte ablenkbar ist.

Die Elektronen sind so klein und fliegen so schnell, daß sie natürlich unsichtbar bleiben. Wir sehen daher den Kathodenstrahl selbst niemals. Nur dort, wo er an eine feste Masse anprallt (G in Fig. 1 oder R in Fig. 2), wird seine Wirkung als Fluoreszenzlicht, Wärme u. dgl. bemerkbar.

Eine sinngemäße, experimentelle und theoretische Auswertung all der bisher genannten Erscheinungen ergibt eine Reihe von quantitativen Resultaten.

Die Geschwindigkeit schwankt je nach den angewandten Versuchsbedingungen und kann bis zu fast 100000 Kilometer in der Sekunde ansteigen. Unsere kleinen Elektronen sind also Projektile, denen gegenüber unsere raschesten Geschoßprojektile wie Schnecken kriechen. Diese Geschwindigkeit ist etwa $^1/_3$ der Lichtgeschwindigkeit. Den Weg nach Newyork, für den unsere Schiffe im gegenseitigen Wettkampfe etwa vier bis fünf Tage brauchen, würde so ein Elektron in ungefähr $^1/_{20}$ Sekunde zurücklegen.

Des ferneren bestimmte man an dem Kathodenstrahl die sogenannte spezifische Ladung, das ist das Verhältnis der Ladung e eines Elektrons zu seiner Masse m, also $\frac{e}{m}$. Dieser Quotient ist nicht nur hier, sondern auch in den anderen erst zu besprechenden Gebieten der Elektronik von größter Bedeutung. Aber schon hier müssen wir ein wundersames Resultat vermelden, dessen schwerwiegende Bedeutung wir später werden voll würdigen können. Diese Größe $\frac{e}{m}$ ist unabhängig von der Natur der Elektrode und des Gasrestes in der Röhre. Nur bei sehr raschen Strahlen wird sie ein wenig kleiner.

Schwieriger war und minder genau gelang die Bestimmung von e allein oder von m allein. Hier ist in allererster Reihe der um die ganze Elektronentheorie hochverdiente Engländer J. J. Thomson zu nennen, der das scheinbar Unmögliche möglich machte. Die Masse m eines Elektrons ergab sich zu etwa $^1/_{1000}$ bis $^1/_{2000}$ eines Wasserstoffatoms. Das Elektron ist also viel kleiner als ein Atom, es ist ein Atomsplitter. Theoretische Überlegungen ergaben auch eine Schätzung des Durchmessers des Elektrons; derselbe ist noch 100000 mal kleiner als der Durchmesser eines gewöhnlichen Atoms, dessen Kleinheit uns ja früher schon in Erstaunen setzte.

Ein Kathodenstrahl besteht also aus einem Schwarm von gleich großen, wohl individualisierten Atomsplittern von der Masse m, von

Digitized by Google

welchen jeder dieselbe negative Ladung e besitzt. Diese Elektronen werden mit riesiger Geschwindigkeit von der Kathode elektrisch weggestoßen und geradlinig an die gegenüberliegende Wand geschleudert. Hier anprallend erzeugen sie Fluoreszenz und Wärme.

Wie aber ein gewöhnlich aufschlagendes Projektil explosionsartige Schallwellen im Luftraum erzeugt, so muß ein an einen festen Körper anprallendes Elektron eine explosionsartig auftretende Welle im Ätherraum hervorbringen. Das sind die Röntgenstrahlen. Sie entstehen dort, wo die Kathodenstrahlen an einen festen Körper anprallen (G in Fig. 1). Die merkwürdige Eigenschaft dieser Strahlung ist ja wohl allgemein bekannt. In Fig. 4 sind diese Strahlen mit γ bezeichnet.

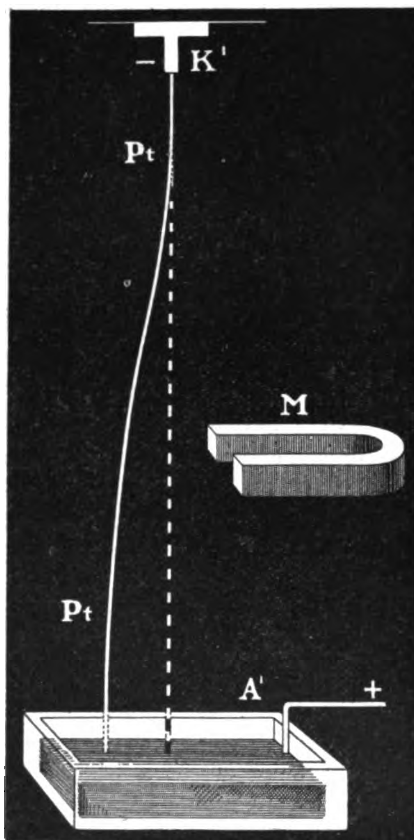


Fig. 3.

Nun muß, wenn irgendwo, wie hier, an unseren Elektronen negative Ladung auftritt, eine entsprechende, gleich große positive Ladung an anderer Stelle sich zeigen. Das Vorhandensein von positiven Elektronen, d. h. von positiv geladenen kleinsten Atomsplittern, wird derzeit eifrig gesucht, doch scheint diese Frage noch nicht spruchreif. Hingegen ist folgendes experimentell gesichert: Es werden positiv geladene Massen von der Kathode angezogen, die durch Löcher (Kanäle) in der Kathode in einer dem Kathodenstrahl entgegengesetzten Richtung nach der andern Seite hin austreten können. Diese von Goldstein entdeckten, sogenannten Kanalstrahlen (α in Fig. 4) wurden nach ähnlichen Methoden wie die Kathodenstrahlen — besonders von W. Wien — untersucht, und es zeigte sich, daß die gesuchte positive Ladung hier an Massenpartikelchen sitzt, welche ungefähr die Größe von Wasserstoffatomen haben. Naturgemäß ist auch die Geschwindigkeit dieses gegen das negative Elektron relativ riesigen Partikelchens eine relativ geringe,

Digitized by Google

nämlich 3600 Kilometer in der Sekunde. Die Erscheinungen dieser Kanalstrahlen sind wohl etwas komplizierter, als dies nach den eben gegebenen Schilderungen erscheint, und es ist darum mit großer Freude zu begrüßen, daß in allerjüngster Zeit Gehrke und Reichenheim mit Salzanoden direkte Anodenstrahlen erzeugen konnten, die mit den längst bekannten Kanalstrahlen dem Wesen nach identisch sind (α' in Fig. 4). Sie bestehen aus einer Masse, welche je nach der Art des als Anode verwendeten Salzes gleich ist dem einen (elektropositiven) Atome dieses Salzes, z. B. Natrium, Lithium oder Strontium. Die Geschwindigkeit dieser direkten Anodenstrahlen ist viel kleiner, nur etwa 100 Kilometer in der Sekunde[1]).

Alle die Geschwindigkeiten der Kathoden und Anodenstrahlen hängen natürlich außer von der in Bewegung zu setzenden Masse von der treibenden elektrischen Kraft ab, d. h. in erster Reihe von der Größe der angewandten Spannung.

Das bisher Vorgebrachte verdient gewiß unser höchstes Interesse. Geradezu unglaublich erscheint aber die Gültigkeit der gefundenen Resultate und Zahlen für ganz andere Gebiete.

Man kann nämlich die gleichen negativen Elektronen auch in mannigfach anderer Weise erzeugen, z. B. durch ultraviolette Belichtung, durch glühendes Metall und durch viele andere, später zu schildernde Methoden. Wenn wir nun von so sehr verschiedenen Materialien und von so sehr verschiedenen Agenzien immer wieder dieselben Elektronen erhalten, so müssen diese identischen Elektronen Bestandteile der verschiedensten Atome sein. Unter den Bausteinen der verschiedenen Atome müssen sich also immer wieder dieselben Elektronen finden: Der aus der Phantasie der Forscher nie ganz entschwundene Einheitstraum der Materie in moderner Fassung!

Das früher im Kanalstrahl entdeckte positive Atom kann man dann am besten als positiven Atomrest bezeichnen, der dadurch entstanden ist, daß von einem unelektrischen Gesamtatom ein negatives Elektron weggenommen wurde. Dann muß ja der Atomrest die entsprechende positive Ladung zeigen.

Elektronenstrahlung, Zeemaneffekt.

Nun kommen wir zu einem sehr dunklen Punkte der Elektronentheorie. Es ist uns nämlich der Aufbau eines Atoms aus seinen Bau-

[1]) Die Fig. 4 ist als schematische Zeichnung zur Erleichterung der Übersicht aufzufassen. Die in ihr gleichzeitig dargestellten Erscheinungen werden deutlich bei verschiedenen Drucken in der Röhre.

Digitized by Google

steinen, den Elektronen, noch ganz unklar. Vielleicht haben wir da eine positive Zentralladung, um welche negative Elektronen kreisen; man könnte dann von einer Astronomie der Atome sprechen. Jedenfalls wäre ein solches astronomisches System von sehr komplizierter Art, vielleicht eher dem Saturnring oder einem Nebelfleck gleichend. Eines ist sicher: Jedes Atom ist ein Universum für sich.

Es stelle der räumliche Umfang dieses Saales die Größe eines Wasserstoffatoms in übertriebenem Maße dar, so müßten wir in dieses Atom, in diesen Saal, etwa 1000 Elektronen placieren. In gleich übertriebenem Maße wäre dann die Größe eines Elektrons immer noch kleiner als der allerkleinste Stecknadelkopf. Sie sehen also, welch überaus großes Maß von Bewegungsfreiheit so ein Elektron im Atom besitzt.

Das bewegliche Elektron muß im allgemeinen im Atom drinnen bleiben, und somit muß seine Bewegung eine hin und her gehende, eine

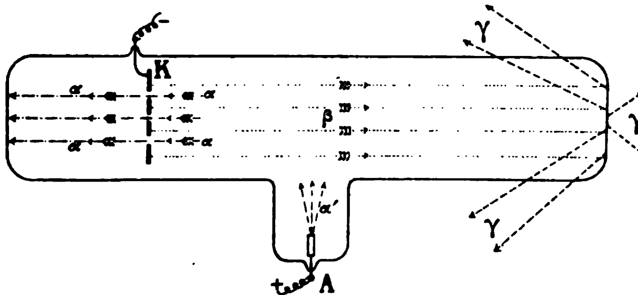


Fig. 4.

Schwingung oder vielleicht eine rotierende Kreisbewegung sein. Diese Bewegung ist jedenfalls so rasch, daß einige hundert Billionen Hin- und Hergänge in jeder Sekunde stattfinden. Der Raum zwischen den Elektronen ist mit Lichtäther erfüllt, der wohl auch die Elektronen durchdringt. Die elektrische Fernwirkung eines Elektrons auf ein anderes wird durch Spannungen dieses Äthers bewirkt, und es muß daher auch ein mit seiner Ladung kreisendes oder hin und her schwingendes Elektron periodische Störungen des Äthermeeres erregen, die entsprechend der Maxwell'schen Lichttheorie mit Lichtgeschwindigkeit sich fortpflanzen. Diese elektromagnetischen Ätherwellen nennen wir kalorische oder Wärmestrahlung und jenen Teil dieser Strahlung, welcher physiologisch auf die Netzhaut unseres Auges wirkt, nennen wir Licht.

Die Schwingungszahl der Elektronenschwingung bestimmt die Farbe des Lichtes. In einem erhitzten, festen Körper stören sich diese Schwingungen gegenseitig. Wir finden im ausgestrahlten Lichte alle Farben. Legen wir diese Farben mit Hilfe eines Prismas im Farben-

Digitized by Google

spektrum nebeneinander, so finden wir die bekannte Reihenfolge, die ich Ihnen hier an dem weißen Schirme zeige. Um die reine Eigenschwingung der Elektronen in den Atomen zu erhalten, müssen wir die einzelnen Atome weit auseinanderbringen, d. h. der Körper muß gasförmig sein, und es muß die Energie für die Elektronenschwingung in passender, noch nicht ganz aufgeklärter Weise zugeführt werden. Hier sehen Sie das Spektrum von verdünntem Wasserstoff, welches in einem Geislerschen Rohre durch einen elektrischen Funken zum Leuchten gebracht wurde. Es sind nur mehr einige Farbenlinien, durch dunkle Zwischenräume getrennt, vorhanden. Jedes chemische Element ist durch solche, ganz bestimmte Spektrallinien charakterisiert. Man hat da gewisse mathematische Gesetzmäßigkeiten herausrechnen können, deren physikalische Deutung aber noch nicht ganz klar ist. Manche dieser Spektren sind sehr kompliziert. Ich werfe Ihnen hier noch das Stickstoffspektrum an die Wand, und Sie sehen, wie zahlreich da die Linien auftreten. In den meisten Fällen ist man gegenüber der Kompliziertheit der Erscheinungen fast machtlos. Das Eisenatom besteht aus etwa 56000 Elektronen, und sein Spektrum zeigt mehr als 5000 Linien. Durch passende Anordnung dieser 56000 Elektronen die Entstehung dieser 5000 Schwingungen zu erklären, bildet wohl infolge des Überflusses von Kombinationsmöglichkeiten eines der schwierigsten Probleme, das noch einige Zeit der endgültigen Lösung harren wird. Aber gerade in diesem schwierigen Gebiete, das von der menschlichen Denkkraft scheinbar kaum lösbare Aufgaben erheischt, erlebte die Elektronentheorie einen ihrer glänzendsten Triumphe.

Wenn, wie wir gesehen, im Kathodenstrahl ein bewegtes Elektron durch magnetische Kraft abgelenkt wird, so müssen solche magnetischen Einflüsse auch die im Atom schwingenden Elektronen in neue Bahnen drängen. Die dadurch zu gewärtigenden Änderungen der Linienspektren wurden von dem Holländer H. A. Lorentz, den wir wohl als derzeit erste Autorität unseres heutigen Gebietes verehren müssen, theoretisch behandelt und von seinem Schüler Zeeman experimentell gezeigt. An Stelle der einfachen Linien im Spektrum treten deren zwei, drei oder mehr. Die Ergebnisse der Theorie wurden durch das nachträgliche Experiment in glänzendster Weise bestätigt. Von einer glücklichen Hypothese muß man verlangen, daß sie sowohl ökonomisch, als heuristisch wirke; sie muß nämlich nicht nur die bisher gesehenen Erscheinungen einheitlich erklären, sie muß vielmehr auch neue, noch nicht gesehene Erscheinungen voraussagen lassen. Die Entdeckung des Zeemaneffektes wird immer ein vorzügliches Beispiel für den heuristischen Wert der Elektronentheorie bilden.

Digitized by Google

Radioaktivität.

Manche der komplizierteren Atome sind heute, so viele, viele Tausende von Jahren nach der Erschaffung der Welt, noch immer nicht endgültig fertig. Gleiches sehen wir ja auch bei den großen, kosmischen Welten; jede Sternschnuppe, jedes Meteor, das zu unserer Erde, einem Riesenatom, auf dem wir leben, kommt, muß ja irgendwo weggenommen worden sein. Es kann auch in gewissen Atomen die Geschwindigkeit einzelner Elektronen manchmal so rasend ansteigen, daß dieselben hinausgeschleudert werden, und daß dadurch ein vollständiger Zerfall dieser Atome eintritt. Solche komplizierte und noch unstabile Atome haben die von Becquerel entdeckten radioaktiven Körper, z. B. das Radium. Hier fliegen fortwährend Elektronen mit riesigen Geschwindigkeiten fort, und trotz ihrer kaum glaublichen Kleinheit muß daher ihr Anprall ein gewaltiger sein. Dieser Anprall bringt geeignete Körper zum Leuchten und erzeugt Wärme und Röntgenstrahlen, er wirkt chemisch und photographisch, er kann unsere Haut verbrennen und kleine Lebewesen töten, er vermag an andere Körper ansausend wieder neue Atomsplitter herauszureißen, d. h. neue Elektronen zu erzeugen usf.

Die magnetische und elektrische Ablenkung dieser Strahlung, β-Strahlung genannt, ermöglichte eine sehr genaue Bestimmung sowohl der Geschwindigkeit als auch der spezifischen Ladung $\frac{e}{m}$. Die Geschwindigkeit ist nicht einheitlich; die schnellsten β-Strahlen erreichen etwa neun Zehntel der Lichtgeschwindigkeit. Der Wert $\frac{e}{m}$ stimmt genau mit dem für Kathodenstrahlen gefundenen überein, nur für die allerraschesten, mit fast Lichtgeschwindigkeit fliegenden Elektronen sinkt diese Größe auf etwa die Hälfte herunter. Auf diese Tatsache kommen wir später noch zurück.

Außer dieser β-Strahlung sendet Radium auch noch α- und γ-Strahlen aus; erstere (α-Strahlen) sind dem Wesen nach identisch mit den Kanalstrahlen, nur schneller, (ca. $^1/_{10}$ Lichtgeschwindigkeit), letztere (γ-Strahlen) sind analog den Röntgenstrahlen. Diese und noch viele andere Erscheinungen der Radioaktivität, auf die ich heute nicht eingehen kann (ich arbeite ja nur mit Kapitelüberschriften), erklärt am einfachsten die Annahme eines stufenweisen Zerfalls des Radiumatoms, bis endlich eine Neuordnung der Elektronen zur Bildung neuer, stabiler Elemente, z. B. des Heliums zu ühren scheint.

Uns interessiert heute nur die β-Strahlung und die Tatsache, daß wir in dieser wieder unser altbekanntes Elektron finden.

Immer und immer wieder dasselbe Elektron!

Diese Übereinstimmung in den Größenbeziehungen und in den Eigen-

Digitized by Google

schaften der Elektronen, ob wir sie nun im Kathodenstrahl, im Innern eines lichtstrahlenden Atoms, in radioaktiven Körpern oder sonstwo aufsuchen, klingt wie ein unglaubliches Märchen aus „Tausend und eine Nacht". Noch aber sind wir mit all den Wundertaten des kleinen Elektrons nicht zu Ende.

Elektrolyse. Dissoziationstheorie.

Reines Wasser leitet den elektrischen Strom nicht. Lösen wir aber in demselben irgend ein Salz, z. B. Kochsalz, das aus einer Verbindung von Natrium und Chlor (Na Cl) besteht, so leitet diese Salzlösung, wobei an den beiden Enden der flüssigen Leitungsbahn die Bestandteile des Salzes, Na bzw. Cl ausgeschieden werden. Überall wo Flüssigkeiten unter solchen gleichzeitigen chemischen Zersetzungen den Strom leiten, sprechen wir von elektrolytischer Leitung. Schon Faraday erkannte die quantitativen Gesetze, welche die Elektrolyse beherrschen. Diese Faraday'schen Gesetze der Elektrolyse gehören dem eingangs geschilderten Typus der klassischen Methode an. Sie ermöglichen, in jedem gegebenen Falle das Endresultat irgend einer elektrolytischen Stromleitung vorauszusehen, aber sie sagen nichts aus über das eigentliche Wesen der Elektrolyse. Hierfür liefert ein treffendes spekulatives Bild die Dissoziationstheorie von Arrhenius.

Werfen wir Molekel von Na Cl (oder sonst einem Salze) in Wasser, so tritt nach dieser Theorie von selbst (ohne daß ein Strom geht) eine Spaltung eines jeden dieser Molekel in seine Atome Na und Cl ein, wobei aber jedes dieser Atome mit einer ganz bestimmten Menge Elektrizität behaftet erscheint; diese Ladung des Natriumatoms ist positiv, die des Chloratoms ebenso groß und negativ. Man nennt solche Gebilde Ionen. Tauchen wir nun in eine wässerige, dissoziierte Na Cl-Lösung die metallischen Enden einer Stromleitung, so schieben die von diesen sogenannten Elektroden ausgehenden elektrischen Anziehungen und Abstoßungen die positiven Ladungen gegen die Kathode, die negativen Ladungen gegen die Anode. Diese Wanderung ist aber eine recht beschwerliche, denn die beiden Elektrizitäten sind je mit der großen Last ihrer Atome bepackt, welche sie der starken Reibung des Wassers entgegen mitschleppen müssen, so daß die beiden Prozessionen von Ionen sich nur langsam [1]) in entgegengesetzten Richtungen durch die selbst nicht leitende

[1]) Die Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen ist von den verschiedenen geschilderten Umständen abhängig u. ceteris paribus natürlich der wirkenden elektrischen Kraft proportional. — In den gewöhnlichen Fällen zählt diese Geschwindigkeit nach Hundertsteln von Millimetern in der Sekunde.

Digitized by Google

Flüssigkeit zu den anziehenden Elektroden hinbewegen können. Bei diesen angelangt geben die Ionen ihre Ladungen an das Metall ab, und die Atome werden als gewöhnliche chemische Atome frei.

Diese einfache Ionen-Vorstellung erklärt nicht nur alle Erscheinungen der Elektrolyse, sie beherrscht auch den ganzen Komplex der physikalischen Chemie und bildet durch ihre stets steigende Verwendung in allen Naturwissensgebieten eine unserer schönsten Errungenschaften. Nach dieser Auffassung ist also im Ion ein Atom mit einer ganz bestimmten Elektrizitätsmenge und zwar immer mit derselben Menge geladen. Was uns heute interessiert, und warum ich das Ganze vorbringe, ist die Tatsache, daß die Ladung eines Atoms im Ion nach den Ergebnissen der Elektrolyse genau so groß ist wie die Ladung des uns schon bekannten Elektrons.

Über die Ionenbildung können wir uns die folgende Vorstellung machen: Die Dissoziation der Molekel erfolgt nicht ehrlich glatt; bei der Scheidung nimmt das Chloratom dem Natriumatom ein Elektron weg und nach Wegnahme dieser negativen Elektrizitätsmenge bleibt der Atomrest positiv zurück. Wir haben:

negatives Chlorion = Chloratom + negatives Elektron,

positives Natriumion = Natriumatom − negatives Elektron.

Bei mehrwertigen Atomen ist auch die Ladung mehrwertig. Zweiwertige Atome verbinden sich mit 2 e usf.

Dieses Elektron der Elektrolyse ist also wieder unser altes Elektron, wie wir es im Kathodenstrahl oder in der Radiumstrahlung oder beim Zeemaneffekt usw. gefunden haben. Eine solche Übereinstimmung erscheint um so merkwürdiger, als die Ergebnisse der Elektrolyse längst gesichert waren und längst eine atomistische Struktur der Elektrizität ahnen ließen, indes der moderne Elektronenbegriff viel später, und zwar zuerst für Kathodenstrahlung, aufgestellt wurde. Darum wirkte die nachträgliche Einordnung der elektrolytischen Erscheinungen geradezu verblüffend.

Wenn uns nun immer und überall in den verschiedensten Erscheinungsgebieten dieselbe Menge e entgegentritt, dürfen wir dieselbe wohl als eine bestimmte Einheit der Natur ansehen und als Atom der Elektrizität ansprechen.

Gasleitung.

Ähnlich der elektrolytischen Leitung in Flüssigkeiten ist auch die Leitung der Elektrizität in Gasen. Ein gewöhnliches Gas wäre ein absoluter Isolator, wenn es keine Ionen enthielte. Solche Ionen können in Gasen auf sehr verschiedene Weise erzeugt werden. Immer aber müssen einige

Digitized by Google

Atome gezwungen werden, Elektronen herzugeben. Wir haben dann zuerst positive Atomreste und negative Elektronen und, wenn letztere sich mit einem ungeladenen Atom verbinden, Ionen wie in einer Flüssigkeit. Dann aber beginnt ein Unterschied gegen die Elektrolyse. Diese elektrisch geladenen Ionen ziehen nämlich andere neutrale Atome und Molekel an sich, so daß die Gasionen aus positiv und negativ geladenen größeren Atomkomplexen bestehen.

Ich habe hier ein Elektroskop, dessen Einrichtung ja wohl als bekannt vorausgesetzt werden darf. Lade ich dasselbe, so sehen Sie am Projektionsschirm die beiden Aluminiumblättchen auseinandergehen. Leite ich die Elektrizität durch Berührung mit der Hand ab, so fallen die Blättchen zusammen. Nun lade ich dieselben noch einmal, und wieder zeigt das neuerliche Auseinandergehen der Blättchen die erfolgte Ladung an. Dieselbe bleibt konstant. Die Luft um das Elektroskop herum isoliert also. Um dieselbe leitend zu machen, müssen wir sie ionisieren, d. h. Ionen in ihr erzeugen. Wir können dies erreichen durch Kathodenstrahlung, durch Strahlung radioaktiver Körper, durch Röntgenstrahlung, ultraviolettes Licht, Erwärmung auf hohe Temperaturen, Einleitung von Verbrennungsgasen usw.

Ich zeige Ihnen die Ionisierung durch Röntgenstrahlen. Sie sehen hier etwa fünf Meter vom Elektroskop entfernt eine Röntgenröhre, und sowie ich dieselbe in Gang setze, fallen die Elektroskopblättchen zusammen; es muß also die Luft um das Elektroskop herum leitend geworden sein. Diese Leitung geschieht in folgender Weise. Das positiv geladene Elektroskop zieht die negativen Gasionen an sich heran, und es erfolgt durch Neutralisation eine Entladung. Wir haben also auch hier einen doppelten Strom. Die negativen Gasionen gehen gegen das Elektroskop, indes die positiven nach entgegengesetzter Richtung abgestoßen werden.

Hört das Wirken einer solchen äußeren ionisierenden Kraft auf, so ziehen sich die positiven und negativen Gasionen allmählich an und geben ihre Ladung aneinander ab. Ebenso kann man diese Gasionen durch passende Filtration wegbringen.

Ein Gas kann nun nicht nur durch Elektronen und den Anprall derselben, sondern auch durch einen kräftigen Ionenstoß ionisiert werden; dazu bedarf es jedoch starker elektrischer Felder. Solche starken Kräfte treten im elektrischen Funken oder Lichtbogen auf, deren komplizierte Erscheinungen sich alle auf Grund der vorgebrachten Ideen unschwer erklären lassen, wie dies besonders eingehend J. J. Thomson und Joh. Stark gezeigt haben.

Digitized by Google

Wir wollen uns heute nur noch die Leitung in verdünnten Gasen etwas näher ansehen. Hier ist eine Kathodenröhre, die ich vor Ihnen auspumpen will. Nach Anschluß einer passenden Elektrizitätsquelle würde zunächst zwischen Kathode und Anode ein starker Funke überknattern. Ich zeige Ihnen aber diesen außerhalb des Rohres, damit es nicht zertrümmert wird; auch habe ich dasselbe schon vorher auf etwa 15 mm Druck ausgepumpt. Nun sende ich die Ladung durch die Röhre selbst, und Sie sehen statt des Funkens einen rötlichen Lichtfaden die beiden Elektroden verbinden. Bei weiterem Pumpen verbreitert sich dieser Lichtfaden und füllt bald die ganze Röhre. Und jetzt geht von der Anode eine positive, rosenrote Lichtsäule aus, während an der Kathode das violette, negative Glimmlicht auftritt. Zwischen beiden Lichterscheinungen liegt der sogenannte Faraday'sche dunkle Raum F. Bei noch längerem Auspumpen zieht sich dann die positive Lichtsäule immer mehr zusammen, wobei sie bei einem bestimmten Drucke (z. B. ein Millimeter) leuchtende Schichten S bildet (siehe Fig. 5). Alle diese Er-



Fig. 5.

scheinungen erklärt die Ionentheorie in einfacher Weise. Pumpen wir noch weiter aus, so verschwinden die positiven Schichten und schließlich das ganze Anodenlicht immer mehr und mehr und das negative Glimmlicht wächst. Dasselbe teilt sich immer deutlicher in zwei Teile. Die erste negative Lichtschicht I haftet an der Kathode selbst, und etwas weiter davon, durch den sogenannten dunklen Kathodenraum *D* getrennt, sehen wir die zweite negative Schicht II. Die von der Kathode weggeschleuderten Elektronen fliegen bis zur zweiten Schicht, wo sie durch ihren Anprall das Gas ionisieren und zum Leuchten bringen. Die hier erzeugten positiven Ionen werden von der Kathode in entgegengesetzter Richtung angezogen, in deren Nähe sie eine solche Geschwindigkeit erreichen, daß auch sie das Gas ionisieren und leuchtend machen. Dies ist die erste negative Schicht. Letztere Ionen können, wenn die Kathode durchbohrt ist, durch die Löcher hindurchfliegen und bilden dann auf der andern Seite die uns schon bekannten Kanalstrahlen; es wären dies Anodenstrahlen, die gleichsam von der zweiten negativen Schicht II als Anode weggehen (vgl. α' Fig. 4).

Digitized by Google

Bei noch weiterem Auspumpen verschwindet das Licht in der Röhre ganz, und wir haben nur mehr die uns schon bekannten Erscheinungen der reinen Kathodenstrahlung.

Bisher sahen wir, wie das Strömen der Elektrizität in Lösungen und nicht allzu verdünnten Gasen dadurch zustande kommt, daß die Elektronen, mit Materie bepackt, verhältnismäßig langsam dahinziehen. Wir sahen ferner, wie im Vakuum die Elektronen allein in rasendem Fluge den Elektrizitätstransport besorgen. Es erübrigt uns noch, das Wesen der Leitung in festen Körpern zu untersuchen.

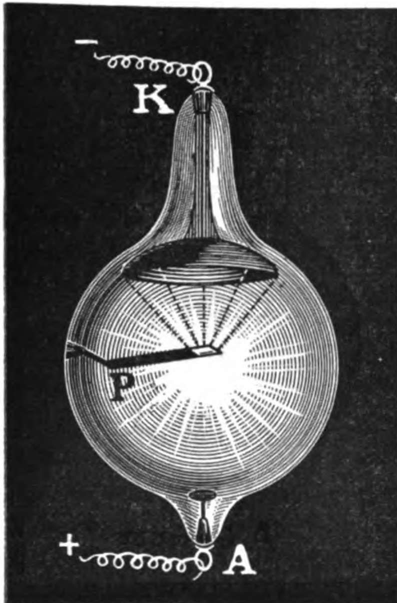


Fig. 6.

Metalleitung, Joule'sche Wärme.

Ich habe hier (Fig. 6) ein vertikal stehendes Kathodenrohr, dessen Kathode eine Kugelfläche bildet, so daß die Elektronen alle gegen den Mittelpunkt gehen, wo ein kleines Platinblech, an dem Halter P in der Mitte befestigt, unter der riesigen Wucht des Anpralls der konzentrierten Elektronenbeschießung erglüht. Daneben sehen Sie einen vertikal gespannten Metalldraht, der durch einen elektrischen Strom ins Glühen gebracht wird. Beide Erscheinungen sind dem Wesen nach identisch.

Im Metalle liegen die Molekel verhältnismäßig nahe aneinander, so daß von den mit großen Geschwindigkeiten im Atom kreisenden Elektronen ein beträchtlicher Teil sich losreißt und in den Räumen zwischen den Molekeln frei und planlos hin und her vagabundiert. Denken Sie sich den Durchmesser dieses glühenden Metalleiters riesig vergrößert, auf das millionenfache, so würde der Durchmesser eines Molekels einige Millimeter betragen, wie Sie es hier in diesem Modell, das einen ganz kleinen Teil dieses Drahtes vorstellen soll, sehen (Fig. 7). Die schwarzen Punkte stellen die Molekel dar. Doch liegen diese in Wirklichkeit viel enger aneinander, als ich es der Deutlichkeit wegen zeichnen konnte. Diese schwarzen Punkte, die Molekel, bleiben fest an ihrer Stelle im Metall stehen. In den Zwischenräumen bewegen sich die freien Elektronen. Doch sind dieselben viel zu klein, als daß ich sie, selbst in meinem riesig vergrößerten

Digitized by Google

Modell, richtig hätte einzeichnen können. Sie bewegen sich gleichmäßig nach allen Richtungen hin und her.

Lasse ich nun einen negativen Strom von oben nach unten meinen Draht durchfließen, so wirkt auf diese freien Elektronen im Leiter eine elektrische Kraft, welche sie nach abwärts treibt. Die Elektronen fliegen also in diesem Drahte von oben nach unten, genau wie in der Kathodenröhre, und prallen an die im Wege stehenden, ruhenden Atome an. Einige wenige dieser Elektronenbahnen sind in Fig. 7 durch die gestrichelten Bahnen dargestellt. Die Elektronen selbst sind als zu klein nicht gezeichnet; dieselben ziehen im stromdurchflossenen Leiter in der Stromrichtung, indes die Molekel (schwarze Punkte) ruhig bleiben.

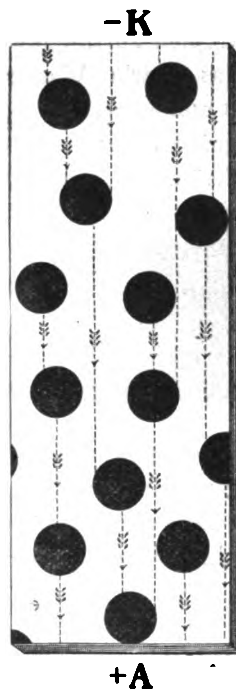


Fig. 7.

So ein Leiter besteht also gleichsam aus einer Unmasse von gleich gerichteten Kathodenröhren. Wo nun in meiner Kathodenröhre der Kathodenstrahl endet, erzeugt der Anprall der Elektronen Wärme. Es muß also auch im Leiter überall, wo die kleinen Kathodenstrahlen an die im Wege stehenden Molekel anprallen, Wärme entstehen, und das ist die bekannte Joule'sche Stromwärme, die wir hier im glühenden Draht oder in Glühlampen u. dgl. sehen. Eine Anzahl von solchen neben und hintereinander geschalteten Kathodenröhren (wie Fig. 7) wäre also eine Exemplifikation eines durch den Strom glühend gemachten Drahtes.

Einen großen Unterschied finden wir aber in der Geschwindigkeit der Elektronen. Während sich diese in der Kathodenröhre mit $1/3$ Lichtgeschwindigkeit bewegen, ist die Durchschnittsgeschwindigkeit im Metalleiter, da die Elektronen wegen der schwächeren elektrischen Kraft sowohl als auch wegen der Kleinheit des Weges nie recht in kräftige Bewegung kommen können, sehr gering. Die Geschwindigkeit in diesem glühenden Metalldraht beträgt nur etwa 200 Zentimeter pro Sekunde. Durch besondere Vorrichtungen konnte ich diese Geschwindigkeit in einem dünnen Silberdrahte bis auf etwa 75 000 Zentimeter pro Sekunde steigern. Bei den gewöhnlichen, zum Telegraphieren benutzten Strömen aber zählt die Mittelgeschwindigkeit der Elektronen pro Sekunde nur Bruchteile von Millimetern; die Elektronen kriechen also beim Telegraphieren langsamer denn Schnecken. Die elektromagnetische Wirkung aber geht mit Lichtgeschwindigkeit. Diesen scheinbaren

Digitized by Google

Widerspruch möge ein hydrodynamisches Analogon lösen. Denken wir uns ein horizontales und etwa 1,5 Kilometer langes Rohr mit Wasser gefüllt. Um eine sinnliche Vorstellung zu gewinnen, denken Sie sich z. B. das Ende *a* dieser Röhre an der Berliner Schloßbrücke, während die Röhre den Linden entlang bis zur Siegesallee führt, wo das Ende *A* sei (Fig. 8). Die Ausflußöffnung bei *a* sei sehr klein; das Wasser links von *H* besitze einen Überdruck und sei gefärbt. Öffne ich plötzlich den Hahn *H*, so pflanzt sich eine Druckwelle mit Schallgeschwindigkeit fort, und in etwa einer Sekunde hat sich der Überdruck bis an das rechte Ende der Röhre fortgepflanzt, so daß schon in einer Sekunde dort Wassertropfen austreten werden. Es kann aber Stunden oder Tage dauern, bis das gefärbte Wasser nach Verdrängung des ungefärbten am rechten Ende *a* ankommt. Das hängt ganz von der Weite der Röhre und der Lochgröße bei *a* ab. Es ist etwas Verschiedenes um die Geschwindigkeit der Strömung und um die Geschwindigkeit der Wirkung. Die Strömungs-



Fig. 8.

geschwindigkeit der Elektrizität beim Telegraphieren kann also nur Bruchteile von Millimetern pro Sekunde betragen, indes die Fortpflanzung der elektromagnetischen Wirkung mit Lichtgeschwindigkeit erfolgt.

Magneto-Induktion. Elektromagnetische Wirkungen.

Nähere ich einem Kathodenstrahl einen Magneten, so tritt, wie wir gesehen, Ablenkung des Strahles ein. Wenn nun ein stromdurchflossener Leiter aus lauter Kathodenstrahlen besteht, so müssen auch hier durch den Magneten die Elektronenbahnen nach der Seite gedrückt werden, und, da die Elektronen selbst aus dem Drahte nicht herauskönnen, klopfen sie den Draht in dieser Richtung heraus. Nehmen wir wieder unser Modell eines Bruchteiles eines Leiters, der von einem Strom durchflossen ist (Fig. 7). Nähern wir nun einen Magneten M, so werden die Elektronenbahnen durch denselben, wie in Fig. 9, nach links gedrängt[1]). Ein strom-

[1]) Die ganze Erscheinung wird dadurch etwas komplizierter, daß die nach der Seite gedrängten Elektronen sich da zu einer statischen Ladung anhäufen (Halleffekt) und daher die Ablenkung des eigentlichen Elektronenstromes durch ihren Druck kompensieren. Der Schlußeffekt kommt aber auf das hinaus, was ich oben kürzer dargestellt.

Digitized by Google

durchflossener Leiter erfährt im Magnetfelde einen Druck senkrecht zu den Kraftlinien, wie wir dies schon in Fig. 3 gezeigt haben. Es ist das eine der Fundamentalerscheinungen der Elektrotechnik. Dieser Druck wird in den Elektromotoren technisch verwendet, und wenn Sie heute nach meiner Vorlesung mit der elektrischen Bahn nach Hause fahren, so sind die durch magnetische Kräfte aus der Bahn gedrängten Elektronen im Leiter die kleinen Wichtelmännchen, die ob ihrer ungeheuer großen Anzahl den schweren Wagen mit großer Geschwindigkeit dahinsausen lassen.

Auch die Umkehrung dieses Satzes ergibt sich ungezwungen aus der Elektronentheorie. Ich halte mein Modell eines Leiterbruchteiles jetzt horizontal. Bewege ich dieses Modell nun vertikal nach abwärts, so muß jedes einzelne Elektron diese vertikale Abwärtsbewegung mitmachen. Geschieht diese mechanische Abwärtsbewegung des Leiters aber im magnetischen Felde (Fig. 10), so werden diese geradlinig nach abwärts gerichteten Elektronenbahnen genau wie im Kathodenstrahl nach links (oder, wenn ich den Magneten umdrehe, nach rechts) zur Seite gekrümmt. Es findet also ein Abströmen der Elektronen nach links (oder rechts) statt. Statt meines Leitermodells nehme ich nun einen wirklichen Draht, der mit einem Galvanometer verbunden ist, und Sie sehen, daß bei einer entsprechenden Abwärtsbewegung dieses Drahtes je nach der Stellung des Magneten der Ausschlag des Lichtfleckes auf der Skala einen Strom in der erwarteten Richtung anzeigt.

In einem ruhenden, von keinem Strom durchflossenen Leiter wird das Elektron durch das Wegfliegen von einem Molekel dieses so nach rückwärts drücken, wie ein wegfliegendes Projektil die Flinte oder die Kanone nach rückwärts stößt. Das Elektron prallt aber an ein anderes Molekel an, und dieser Anprall kompensiert die erste Wirkung. So müssen auch, wenn wir vom Hinterteil eines Schiffes eine Kanone in der Längsrichtung gegen eine Scheibe an der Spitze desselben Schiffes schießen, Rückstoß und Anprall sich aufheben. Denken wir uns nun einen starken Wind, der das Geschoß so von seiner Bahn abtreibt, daß dieses an der Scheibe vorbei nach der Seite fliegt; dann muß der jetzt nicht mehr kompensierte Rückstoß des Abschießens das Schiff nach rückwärts drücken. Derartiges geschieht in Fig. 10. Ich habe bei meinem Versuche, wo ich den durch das Galvanometer geschlossenen Draht durch das Magnetfeld nach abwärts bewegte, die Summe dieser Rückstöße als Druck nach aufwärts empfunden. Das Erzeugen des Induktionsstromes durch Bewegung erheischte Überwindung dieses Druckes, d. h. Arbeit.

Das ist die zweite Fundamentalweisheit aller Elektrotechnik (Dynamomaschine, Transformator usw.). In einem durch ein Magnetfeld senkrecht

Digitized by Google

zu den Kraftlinien bewegten Leiter wird eine elektromotorische Kraft induziert und dabei natürlich Arbeit verbraucht.

Wärmeleitung.

In einem ruhenden, von keinem Strom durchflossenen Leiter vagabundieren die Elektronen nach allen Richtungen planlos hin und her. Die Energie dieser Bewegung stellt Wärmeenergie dar, da ja der Anprall dieser Elektronen Wärme erzeugt. Erwärme ich einen Leiter an irgend einer Stelle, so heißt das, daß ich die Bewegung der Elektronen an eben dieser Stelle zu einer rascheren mache. Diese rascheren und darum reiselustigeren Elektronen dringen nun mit ihrer raschen Bewegung an kältere Stellen und geben vom Überschuß ihrer Bewegung durch fortwährenden Anprall ab, erwärmen somit diese kälteren Stellen.

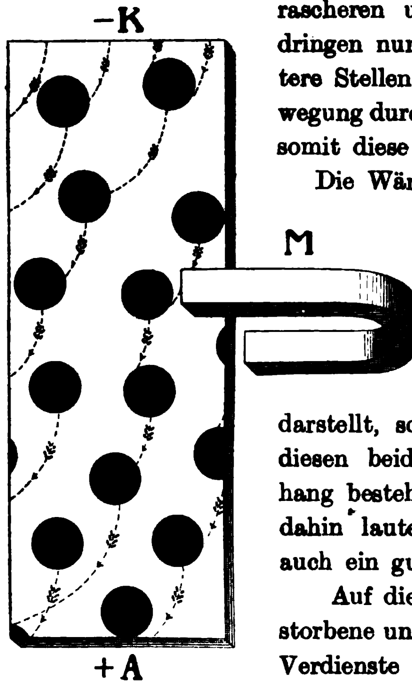


Fig. 9.

Die Wärmeleitung ist also eine Folge der Diffusion der wärmeren, d. i. der sich rascher bewegenden Elektronen. Da dieses eben geschilderte Strömen der Elektronen die Wärmeleitung und das früher geschilderte Strömen der Elektronen die Elektrizitätsleitung darstellt, so ist leicht ersichtlich, daß zwischen diesen beiden Leitungen ein inniger Zusammenhang bestehen muß, dessen vulgärster Ausdruck dahin lautet, daß jeder gute Elektrizitätsleiter auch ein guter Wärmeleiter sein wird.

Auf diesem Gebiete hat sich der jüngst verstorbene und unvergeßliche Drude die allergrößten Verdienste erworben.

Thermoelektrizität.

Die Anzahl der in einem Metall frei vagabundierenden Elektronen ist bei verschiedenen Metallen verschieden. Bringe ich zwei solche Metalle zur Berührung, so wird das Metall mit mehr freien Elektronen an das elektronenärmere von seinem Überschuß abgeben. Wenn ein ursprünglich unelektrisches Metall auf solche Weise negative Elektronen in sich aufnimmt, muß es negativ elektrisch werden. Zwei Metalle werden sich also beim Berühren negativ respektive positiv laden.

Die Anzahl der freien Elektronen in einem Metall wird sich auch mit der Temperatur dieses Metalles ändern, und zwar im allgemeinen vergrößern, da ja die raschere Wärmebewegung Anlaß zum Loslösen immer

Digitized by Google

neuer Elektronen ergibt. Diese Elektronenvermehrung mit ansteigender Temperatur kann nun bei verschiedenen Metallen ganz verschieden sein. Wenn ich somit zwei Metalle zur Berührung bringe, hängt die gegenseitige Ladung von der Temperatur ab.

Für eine Thermokette, die aus zwei Metallen *A* und *B* besteht (Fig. 11), sei z. B. bei 0° Celsius die Anzahl der freien Elektronen für beide Metalle gleich, bei 100° Celsius sei aber die Anzahl der freien Elektronen in *A* größer als in *B*. Dann zeigt sich an der Lötstelle 0° keinerlei Effekt, in der Lötstelle 100° hingegen findet eine Art von Überdestillieren der Elektronen von *A* nach *B* statt, welche in der Richtung des Pfeiles über die kalte Lötstelle abfließen.

Auch die anderen Erscheinungen dieses Gebietes (Peltier- und Thomsoneffekt) erklärt die Elektronentheorie in ungezwungenster Weise.

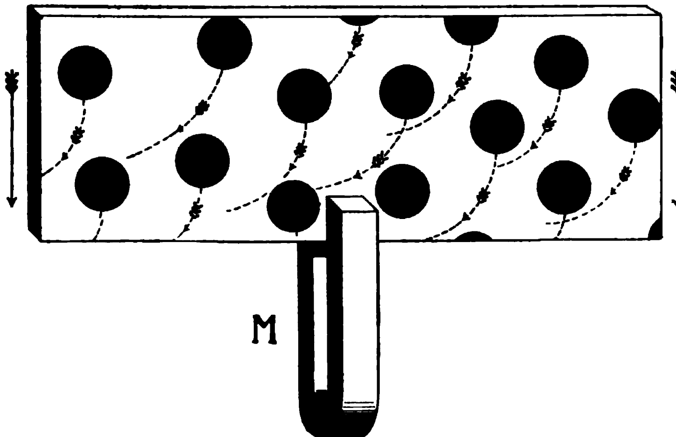


Fig. 10.

Überblicken wir das bisher Vorgebrachte, so werden Sie, hochverehrte Anwesende, dem Ausspruche, den ich eingangs meines Vortrages gebraucht habe, wohl nachträglich zustimmen, daß das Elektron ein Wunderkind sei. Dabei habe ich noch lange nicht alles Rühmenswerte dieses merkwürdigen Wesens aufgezählt. Anderseits will ich aber nicht verschweigen, daß noch manche wichtige Frage der Beantwortung harrt, und daß vielleicht die eine oder andere Schwierigkeit, deren Lösung wir heute von der Zukunft erhoffen, unserem Elektron zum Verhängnis werden kann. Eines aber ist wohl sicher: es hat selten eine Idee in der Physik so vielseitige Anwendung gefunden wie die eben dargestellte.

Und die allermerkwürdigste Konsequenz dieses Gebietes haben wir noch zu besprechen.

Das Elektron ist, soweit wir bis jetzt sehen, ein Atomsplitter, der

Digitized by Google

aus einer bestimmten Menge Materie *m* mehr einer bestimmten Elektrizitätsmenge *e* besteht. Diese Vorstellung wollen wir nun weiter vereinfachen.

Scheinbare Trägheit des elektrischen Stromes, Extrastrom.

Gestatten wir uns noch eine Cäsur. Noch einmal fange ich scheinbar von vorn an. Ganz einfache, bekannte Dinge. Zur Erholung!

Wenn ich einen ruhenden Stein fortschleudere, so erfordert dies einen Arbeitsaufwand meiner Muskeln. Es ist, als ob der Stein sich dagegen sträubte, den bequemen Zustand der Ruhe aufzugeben, er wehrt sich scheinbar träge gegen jeden Versuch, ihn in Bewegung zu setzen. Diese rätselhafte Eigenschaft der Materie nennen wir darum Trägheit. Diese Trägheit reicht aber noch weiter. Wenn ein Körper einmal in Bewegung ist, so will er ewig in Bewegung bleiben, bis wieder irgend eine Kraft diese seine Bewegung hemmt. Die Arbeit, die Energie, die meine Muskeln beim Fortschleudern eines Steines geleistet und die der fliegende Stein mit sich geführt, erscheint dann wieder in der Wucht des Anpralles gegen ein Hindernis.

Etwas Ähnliches fand man beim elektrischen Strom. Beginnt ein Strom durch einen Draht zu fließen, so drängt er eine Magnetnadel aus der Nord-Südrichtung. Dieselbe bleibt abgelenkt, bis der Strom wieder verschwindet. Dann wird die Nadel durch die Kraft des Erdmagnetismus in ihre NS.-Richtung zurückgetrieben. Dieses Hinausdrängen, welches die Kraft des Erdmagnetismus überwinden muß, erfordert Arbeit, Energie, welche wir dann beim Zurückfallen der Nadel in die alte Ruhelage wiedererhalten. Auch wenn keine Magnetnadel in der Nähe wäre, müßte der Strom beim Beginn magnetische Arbeit leisten, denn er erzeugt rund um sich herum ein magnetisches Feld. Diese Arbeit erhält man beim Aufhören des Stromes wieder zurück. Im Momente, wo ich in eine Drahtleitung eine elektrische Stromquelle einschalte, ist es so, als ob der zu fließen beginnende Strom eine gewisse Zeit brauchte, um in Bewegung, in Schwung zu kommen. Dann fließt er beliebig lange, solange als die Elektrizitätsquelle (Batterie, Dynamomaschine usw.) Elektronen in den Draht hineinpumpt. Nehme ich aber die Stromquelle fort, so will der Strom trotzdem noch einige Zeit von selbst weiter fließen. Der Strom macht es genau so wie früher der Stein. Zuerst wehrt sich der ruhende gegen die Bewegung, und dann der bewegte gegen die Ruhe. Diese elektrische Analogie, bekannt unter dem Namen des Schließungs- und Öffnungsextrastromes, täuscht also eine Art Trägheit des elektrischen Stromes vor.

Ich habe hier zwei Stromleitungen mit gleichen Widerständen. Auf

Digitized by Google

dem einen dieser Wege (I) umfließt der Strom viel Eisen; er hat hier eine große Magnetisierungsarbeit zu leisten. Auf dem andern Wege (II) ist diese Magnetisierungsarbeit sehr klein. Darum ist auf dem Wege I die scheinbare elektrische Trägheit groß, auf dem Wege II hingegen gering. In jedem dieser Wege ist je eine Glühlampe eingeschaltet. Schließe ich den Strom I, so dauert es einige Bruchteile einer Sekunde, bis die Lampe voll brennt, indes im Strome II die Lampe fast momentan aufleuchtet. Es dauert also im ersten Falle einige Zeit, bis der Strom infolge der scheinbaren elektrischen Trägheit in voller Stärke strömen kann. Es wirkt ihm der sogenannte Extrastrom der Schließung entgegen. Wenn ich dann diesen Strom ausschalte und statt der Batterie ein Galvanometer einschalte, so zeigt der Ausschlag, daß noch lange Zeit nach Wegnahme der Stromquelle ein elektrischer Bewegungsantrieb in der ursprünglichen Stromrichtung vorhanden ist. Bei raschem Umschalten

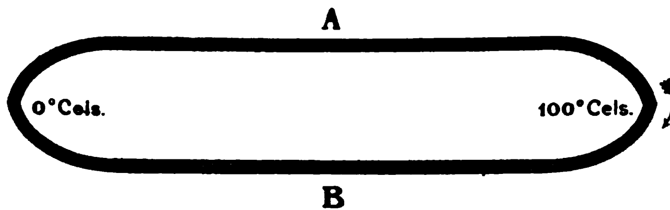


Fig. 11.

gelingt es sogar leicht, durch diesen Öffnungsextrastrom eine Glühlampe zum Aufleuchten zu bringen.

Wir müssen diese scheinbare Trägheit vom Standpunkte der Elektronentheorie zu begreifen suchen. Da der elektrische Strom aus einem Strom von Elektronen besteht, so muß die eben gesehene scheinbare Trägheit des Stromes eine Folge dieser Elektronenbewegung sein. Es ist die Elektronenbewegung, welche das magnetische Feld erzeugt, und somit ist auch die Trägheit des Stromes durch eine scheinbare Trägheit der Elektronen verursacht.

Scheinbare Masse des Elektrons.

Wenn ich ein Elektron (oder sonst eine geladene Masse) in Bewegung setze, so erzeuge ich eine Art von elektrischem Strom, und der Beginn eines solchen erfordert Arbeit. Um also ein Elektron in Bewegung zu setzen, muß ich

1. gegen die wirkliche Trägheit des wirklich materiellen Teilchens arbeiten und
2. gegen die scheinbare Trägheit, vorgetäuscht durch die Ladung.

Digitized by Google

Arbeit ist notwendig sowohl für das Inbewegungsetzen des materiellen Teilchens als auch für das Inbewegungsetzen der darauf befindlichen Elektrizität. Diese beiden Energieteile erhalte ich wieder, wenn die Bewegung aufhört. Die elektrische Ladung täuscht uns also ein Plus von gewöhnlicher Materie vor. Die Masse unseres Elektrons m, berechnet aus seiner Trägheit, besteht somit aus der wirklichen, gemeinen Masse m_w und aus der durch die elektrische Ladung vorgetäuschten Masse m_e. Wir haben also

$$m = m_w + m_e.$$

Die gesamte Masse m hat Kaufmann aus ebenso schwierigen als sorgfältigen Messungen der elektromagnetischen und elektrostatischen Ablenkung der von Radium ausgeschleuderten β-Strahlung gemessen. Dieses m wurde nun um so größer, je rascher diese Strahlen waren, während bekanntlich eine gewöhnliche Masse gleich bleibt bei den verschiedensten Geschwindigkeiten. Womöglich noch schwieriger als diese experimentelle Bestimmung ist die Berechnung der elektrisch vorgetäuschten Trägheit, des m_e. Hier sind die besten physikalischen Mathematiker am Werke. Ihre Resultate stimmen so ziemlich in dem uns interessierenden Hauptpunkte, doch bleiben noch viele Schwierigkeiten ungelöst, besonders für jene Fälle, wo die Elektronengeschwindigkeit gleich oder gar größer gedacht wird als die Lichtgeschwindigkeit. Die erste genauere Berechnung von m_e rührt von Abraham her und ergab, daß das experimentell bestimmte m und das theoretisch berechnete m_e fast gleich sind, daß also die ganze Trägheit eines Elektrons, somit seine ganze Masse nur eine scheinbare ist, vorgetäuscht durch die elektrische Ladung.

Erinnern Sie sich nun, meine hochverehrten Damen und Herren, daß alle Atome, also auch unsere Materie aus solchen Elektronen aufgebaut sind, die selbst nur Elektrizität sein sollen. Dieser Tisch, dieser Stuhl, ich, Sie und alles besteht nur aus solchen Elektronen, es gäbe überhaupt keine Materie mehr, denn das einzig Seiende wäre die Elektrizität, und das Atom der Elektrizität, unser Elektron, wäre die letzte Realität der Natur!

Eine solche Auffassung erzielte eine vollständige Umwälzung der fundamentalsten Prinzipien unseres gesamten Denkens. Wären die Ergebnisse unserer heutigen Schilderung richtig, so hätten wir nicht nur den Begriff der Materie in bezug auf die Trägheit in rein elektrischer Weise erklärt; es würde sich auch die weitere Aufgabe eines elektrischen Begreifens der Materie in ihrer Beziehung zur Gravitation in ähnlicher Weise lösen lassen, entweder durch Annahme ungleicher Anziehungen und Abstoßungen der entgegengesetzten Elektrizitätsart oder vielleicht besser durch Pulsationen des Elektrons oder dgl.

Digitized by Google

Damit müßte an Stelle der bisherigen mechanischen Naturauffassung eine elektrische Naturauffassung treten, natürlich nicht nur in der Physik, sondern auch in allen andern Naturwissenschaften.

Doch damit hat es, so meine ich, und zwar aus anthropomorphen Gründen, noch gute Weile.

Wir Menschen müssen und können uns an manches Ungemach gewöhnen und tragen es um so leichter, je länger die Gewöhnung dauert. Nun ist jedem denkenden Wesen eines der unangenehmsten Dinge das Nichtwissen. Aber gerade an ein Nichtwissen müssen wir uns alle, auch die besten Forscher gewöhnen. Unser heutiges Dilemma, ob wir die Materie elektrisch oder die Elektrizität materiell erklären sollen, heißt mit anderen Worten: Was ist uns weniger unangenehm, das Nichtwissen des eigentlichen Wesens der Materie oder das Nichtwissen des eigentlichen Wesens der Elektrizität? Nun zeigten wir zu Beginn unsrer Betrachtungen, wie uns der allvertraute Begriff der Materie scheinbar wenigstens ganz leicht verständlich ist. An dieses Nichtwissen haben wir uns seit Jahrtausenden gewöhnt, wir scheuen es weniger. Man wird daher immer vorziehen, den viel jüngeren Begriff der Elektrizität mechanisch zu erklären.

Ist denn nicht der beste Beweis für die sieghafte Kraft mechanistischer Vorstellungen gerade die heute gegebene Darstellung der Elektronik? Hat diese nicht die Optik der mechanischen Betrachtung zum Teil wenigstens zurückerobert und sucht sie nicht alle elektrischen Erscheinungen mechanisch zu erklären? Darum ist sicher zu erwarten, daß auch die elektrische Darstellung der Trägheit oder das, was dafür verantwortlich ist, das Entstehen und Verschwinden magnetischer Felder, wieder — später einmal — durch mechanische Bilder unserem Verständnis zugänglicher gemacht werden wird. Ansätze dazu sind schon vorhanden.

Ganz werden wir wohl eine solche mechanistische Auffassung der Natur nie los werden, denn sie ist anthropomorph. Wir können ja nimmer — wenigstens zu Lebzeiten nicht — aus unserem Ich, dem menschlichen Ich, heraus. Und darum ist all unsere Erkenntnis so problematisch.

Ich möchte zum Schlusse noch an einem kurzen und drastischen Beispiele darstellen, wie ephemer unser Wissen ist, und wie wir trotzdem so siegreich die Natur unseren Zwecken zwingen. Das Beispiel ist weit hergeholt, vom Planeten Mars.

So ein Marsbewohner ist wohl ein denkendes Geschöpf wie ein Erdenmensch, aber doch anders organisiert. Vielleicht ist ihm der bei uns nur teilweise vorhandene Sinn für elektrische Vorgänge in der Außenwelt besonders gut ausgestaltet oder dgl. Überlegen wir nun, wie es da

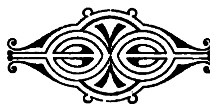
Digitized by Google

draußen am Mars mit der technischen Entwicklung einerseits und mit der naturwissenschaftlichen Erkenntnis andrerseits bestellt sein dürfte. Die organische Natur ist gewiß dieselbe wie bei uns: dieselben Sterne ziehen in ähnlichen zeitlichen und räumlichen Verhältnissen dahin; die chemischen Stoffe, Licht, Wärme, Elektrizität wirken in gleicher Weise. Die Marsbewohner mögen Eisenbahnen und Schiffe haben, wenn sie sie überhaupt brauchen, Telegraphen und Telephone wie wir. Letzteres vielleicht viel besser, wenn sie einen eigenen Sinn für Elektrizität besitzen. Die Beherrschung der Außenwelt wird graduell verschieden, aber doch, da sie ja dieselbe Natur wie wir meistern müssen, der unseren analog sein. Aber ganz, ganz anders wird es um das Innenleben der Marsbewohner stehen, um ihre Religion, ihre Kunst, man denke nur an Musik, ihre Philosophie — ein Marslehrbuch der Physik z. B. wird uns, abgesehen von der Sprache und der rein technischen Form der Darstellung, als ein Buch mit sieben Siegeln erscheinen. Auf ihre Sinne wirken zwar dieselben Erscheinungen, aber diese Sinne sind andere und sie denken wohl in ganz anderen Erkenntnisvorgängen.

Die Waffen für den Kampf ums Dasein, welche die Technik uns und jenen schmiedet, müssen in manchen Beziehungen sich gleichen, denn für uns und jene beginnt der Weg zur Beherrschung der Außenwelt in der gleichen zu beherrschenden Außenwelt und endet in der gleichen beherrschten Außenwelt. Doch führt die Mitte des Weges über Sinnes- und Denkprozesse, die bei den Erden- und Marsbewohnern ganz verschiedene sein dürften.

Welche Naturerkenntnis ist nun die richtige, die unsere oder die der Marsbewohner? Die Antwort ist klar: weder die eine noch die andere. Die absolute Wahrheit liegt jenseits von spekulieren und probieren. Diese Betrachtung lehre uns Bescheidenheit. Unmöglich ist es, um poetisch mit Schiller zu schließen, daß

— — — — dem irdischen Verstand
Die Wahrheit je wird erscheinen —
Ihren Schleier hebt keine sterbliche Hand,
Wir können nur raten und meinen.



Digitized by Google



Über die Emissionsursachen der Spektren.

(Von der 79. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte, Dresden, 15. bis 21. September 1907.)

Herr C. Fredenhagen (Leipzig) hielt einen bemerkenswerten Vortrag über seine Forschungen, die Emissionsursachen der Spektren betreffend. Die nachstehenden Ausführungen schließen sich großenteils an diesen Vortrag an, zum Teil aber auch an die früheren, seit etwa Jahresfrist in den „Annalen der Physik" und in der „Physikalischen Zeitschrift" erschienenen Veröffentlichungen des Herrn Fredenhagen über seine diesbezüglichen Untersuchungen.

Kirchhoff und Bunsen, die Entdecker und Begründer der Spektralanalyse, haben auf Grund ihrer eingehenden Untersuchungen über die Spektrallinien der verschiedensten Verbindungen der Alkalimetalle K, Na, Li und der Erdalkalimetalle Ca, Ba, Sr in den Luft- bzw. Sauerstoffflammen von Schwefel, Schwefelkohlenstoff, Leuchtgas, Kohlenoxyd und Wasserstoff den Satz aufgestellt, daß die Dämpfe der Metalle, auf hinreichend hohe Temperatur gebracht, die für das betreffende Material charakteristischen Linien emittieren. Kirchhoff und Bunsen glaubten, aus ihren Arbeiten folgern zu dürfen „daß die Verschiedenheit der Verbindungen, in denen die Metalle angewandt werden, die Mannigfaltigkeit der chemischen Prozesse in den einzelnen Flammen und der ungeheure Temperaturunterschied dieser letzteren keinen Einfluß auf die Lage der den einzelnen Metallen entsprechenden Spektrallinien ausübt," und weiter „daß es immer die Dämpfe der freien Metalle sind, welche die Linien derselben erzeugen." (Vgl.: Kirchhoff und Bunsen, Pogg. Ann. **60**, 161, 1860 und Bunsen, Ges. Abh. **3**, 232.) — Diese Schlußfolgerung der beiden Forscher ist indessen nicht völlig stichhaltig, denn bei aller von ihnen betonten „Mannigfaltigkeit der chemischen Prozesse in den einzelnen Flammen" blieb doch ein Faktor immer konstant, da

Digitized by Google

sie alle Stoffe stets entweder in Luft oder in reinem Sauerstoff verbrennen ließen. Sie haben also die Möglichkeit übersehen, daß bei der Entstehung der von ihnen in allen Fällen beobachteten und für die einzelnen Metalle als charakteristisch betrachteten Spektren der Sauerstoff vielleicht in irgendeiner Weise eine bedeutsame Rolle spielen könne. Tatsächlich hat sich nun gezeigt, daß dies der Fall ist. Sorgt man nämlich dafür, auch diesen Faktor zu verändern, verwendet man also Nichtsauerstoffflammen, so beobachtet man, daß die Bunsenflammenspektren nicht auftreten. Bereits in den Jahren 1862 und 1864 zeigte Alexander Mitscherlich, daß alle Halogenverbindungen der Erdalkalimetalle besondere Spektren, die Chlorverbindungen der Alkalimetalle überhaupt keine Spektren liefern, wenn diese Verbindungen in solche Flammen gebracht werden, in denen sie sich unzersetzt verflüchtigen können. Hieraus folgerte Mitscherlich dann, daß nicht nur die Metalle selbst, sondern auch ihre Verbindungen bestimmte, für sie charakteristische Spektren erzeugen können. Mitscherlich suchte bei seinen Versuchen Sauerstoffflammen zu vermeiden; das gelang ihm am besten bei Verwendung der Chlorwasserstoffflamme. Die Richtigkeit seiner Beobachtungen wurde später mehrfach — durch M. E. Diacon, J. N. Lockyer, M. Lecoq de Boisbaudran, A. Gouy u. a. — bestätigt. Diese Arbeiten mögen hier nur deshalb kurz Erwähnung finden, weil bei ihnen zum ersten Male Spektren untersucht worden sind, welche in Nichtsauerstoffflammen erzeugt wurden, und weil dadurch die Frage angeschnitten wurde, ob vielleicht die Bunsenspektren als Metalloxydspektren anzusprechen seien. Auf die wichtigen Versuche im einzelnen einzugehen, würde weit über den Rahmen dieses Berichtes hinausführen. Ausführliche Mitteilungen hierüber sind in den „Spektralanalytischen Studien" des Herrn Fredenhagen enthalten. — Bei dieser Sachlage ergab sich nun für Herrn Fredenhagen folgende Fragestellung: Sind die Bunsenflammenspektren, besonders die der Alkalimetalle, Metallspektren oder Oxydspektren? Und handelt es sich bei den ausgesprochen selektiven Spektralerscheinungen um eine reine Temperaturstrahlung oder um eine in jedem Einzelfalle auf den Eintritt bestimmter Vorgänge zurückzuführende Chemilumineszenz?

Für die einschlägigen Untersuchungen kommt in erster Linie die Chlorwasserstoffflamme in Betracht. Die zu ihrer Erzeugung erforderlichen Gase sind leicht herstellbar und überdies in bequem zu handhabenden Bomben käuflich. Es ist daher natürlich, daß Herr Fredenhagen die meisten seiner Versuche bisher mit dieser Flamme angestellt hat. Jod gibt bei der Vereinigung mit Wasserstoff keine, Brom nur schwer eine Flamme. Läßt man aber in eine gewöhnliche Bunsenflamme

Digitized by Google

Jod oder Brom im Überschuß eintreten, so gehen die Bunsenflammenspektren stark zurück, so daß der Schluß gerechtfertigt erscheint, daß auch in der Jodwasserstoff- wie in der Bromwasserstoffflamme die Bunsenflammenspektren nicht eintreten würden. Einzelne bislang ausgeführte Versuche mit der Fluorwasserstoffflamme zeigten ebenfalls das völlige Ausbleiben der Bunsenflammenspektren. Mit der Cyanwasserstoffflamme, welche außer den genannten noch als Nichtsauerstoffflamme in Frage kommen könnte, hat Herr Fredenhagen bisher noch keine Versuche ausgeführt.

Im einzelnen hat nun Herr Fredenhagen gefunden, daß in der Chlorwasserstoff- und ziemlich sicher auch in der Jod- und der Bromwasserstoffflamme, die Alkalimetalle sowie Thallium keine charakteristischen Spektralerscheinungen im sichtbaren Spektrum aufweisen. Hingegen liefern Ca, Ba, Sr und vor allen Dingen Cu in allen Halogenwasserstoffflammen sehr charakteristische Spektren. Die grüne Thalliumlinie und die beiden gelben Natriumlinien sind im Spektrum der Chlorwasserstoffflamme nicht zu finden. Ob die Nebenserien des Natriums in der Chlorwasserstoffflamme auftreten oder nicht, hat noch nicht hinreichend festgestellt werden können.

Ist hiermit wohl ziemlich einwandsfrei festgestellt, daß die Kirchhoff-Bunsensche Auffassung, wonach „es immer die Dämpfe der freien Metalle sind, welche die Linien derselben erzeugen", daß diese Auffassung nicht mehr als stichhaltig angesehen werden kann, so bleibt jetzt zu entscheiden, ob die in den verschiedenen Flammen auftretenden chemischen Prozesse oder ob die verschiedenen Temperaturen der einzelnen Flammen für die Lage der Linien verantwortlich sind. Daß ein solcher Einfluß der Temperatur nicht vorhanden sein kann, ergibt sich u. a. daraus, daß die Temperatur der Chlorwasserstoffflamme zwischen den Temperaturen der reinen Knallgasflamme und der gewöhnlichen Bunsenflamme liegt. Außerdem liefern ja, wie schon die Versuche von Kirchhoff und Bunsen lehren, alle Sauerstoffflammen, die doch untereinander ganz gewaltige Temperaturunterschiede aufweisen, ganz die gleichen Spektren. Ist nun aber ein solcher Einfluß der Temperatur auf die Lage der Spektrallinien ausgeschlossen, so bleibt nur übrig, daß die Emission der Spektrallinien durch die in den verschiedenen Flammen sich abspielenden verschiedenen chemischen Prozesse beeinflußt wird.

Welche chemischen Prozesse kommen nun hier in Frage? Da ist nun zunächst zu beachten, daß alle Sauerstoffflammen zur Emission der gleichen Spektren, eben der Bunsenflammenspektren, oder, wie wir sie nach dem Vorgange des Herrn Fredenhagen allgemein benennen wollen, der Sauerstoffflammenspektren Veranlassung geben. Wird in eine Chlor-

Digitized by Google

wasserstoffflamme auf irgendeine Weise — sei es nun durch Einblasen oder in Form einer Verbindung — Sauerstoff eingeführt, so tritt gleichfalls das Sauerstoffflammenspektrum auf. Ebenso kann man durch Einführen von Chlormengen in eine Sauerstoffflamme das Sauerstoffflammenspektrum zurückdrängen und beide Spektren, das der Chor- und das der Sauerstoffflamme nebeneinander erhalten. Die Emission der D-Linien beispielsweise ist sonach durch die Anwesenheit von Na allein nicht zu erreichen, sondern nur bei gleichzeitiger Gegenwart von Sauerstoff. Ebenso werden die charakteristischen Spektren der Nichtsauerstoffflammen nur dann emittiert, wenn neben dem betreffenden Metall auch das betreffende Halogen zugegen ist. Unter Berücksichtigung des Massenwirkungsgesetzes und der Größe der chemischen Affinitäten der verschiedenen Metalle zum Sauerstoff bzw. zu den Halogenen ergibt sich nun, daß die Alkali- und Erdalkalimetalle infolge ihrer großen Affinität zum Sauerstoff und zu den Halogenen stets mit diesen reagieren müssen, wo immer sie in den Flammen zugegen sind, daß es somit in solchen Flammen immer zur Bildung von Oxyden bzw. von Halogeniden kommen muß. „Wenn wir nun z. B. annehmen,“ so fährt Herr Fredenhagen in seinen Ausführungen fort, „daß die Emission der Sauerstoffflammenspektren an eine Vereinigung der betreffenden Metalle mit dem Sauerstoff geknüpft wäre, so müßte ihre Emission um so intensiver werden, je größer unter sonst gleichbleibenden Umständen der Temperatur und der Konzentration des betreffenden Metalls die Konzentration des Sauerstoffs wird, und analog müßte die Intensität der Chlorflammenspektren mit der Konzentration des Chlors ansteigen. Daß dies aber der Fall ist, geht aus den schon erwähnten Versuchen hervor, bei denen Chlor in eine Sauerstoffflamme oder Sauerstoff in eine Chlorflamme eingeblasen wurde. Wenn nun weiter in einer Flamme gleichzeitig verschiedene Metalle vorhanden sind, und die vorhandene Sauerstoffkonzentration nicht zur vollständigen Oxydation ausreicht, so müssen wir nach unserer obigen Annahme erwarten, daß bei gleicher Konzentration der betreffenden Metalle die Intensität der emittierten Spektren für dasjenige Metall am größten ist, welches die größere Affinität zum Sauerstoff besitzt. Dieser Schluß läßt sich nun durch einen Versuch mit dem geteilten Bunsenbrenner vortrefflich bestätigen. Wenn wir über einen gewöhnlichen Bunsenbrenner ein weites Glasrohr schieben, so wird die innere und äußere Verbrennungszone des Bunsenbrenners weit voneinander getrennt, so daß man die Färbungen der einen Zone ohne Störung durch die Färbung der anderen beobachten kann. In der inneren Verbrennungszone ist die Konzentration des Sauerstoffs zur vollständigen Verbrennung der vorhandenen Stoffe, unter denen Wasserstoff eine be-

Digitized by Google

sondere Rolle spielt, nicht ausreichend. Infolgedessen können in ihr nur solche Stoffe merklich oxydiert werden, deren Affinität zum Sauerstoff der des Wasserstoffes angenähert gleich oder überlegen ist. In der äußeren Verbrennungszone ist Sauerstoff dagegen im Überschuß vorhanden, so daß in ihr auch Stoffe mit relativ geringen Affinitäten der Oxydation verfallen werden. Der Versuch ergibt nun im Einklang hiermit, daß z. B. Kupfer die innere Zone völlig farblos läßt, die äußere aber intensiv grün färbt, während Lithium die innere Zone rot färbt und bei geringen Konzentrationen die äußere Zone fast völlig farblos läßt, zum Zeichen, daß es schon in der inneren Zone praktisch vollständig oxydiert ist. — Aus diesen Versuchen folgt nun wohl mit Sicherheit, daß die Emission der bekannten Flammenspektren in der Tat an eine Oxydierung oder Halogenierung der betreffenden Metalle geknüpft ist.“ —

Es bleibt nun noch die zweite der eingangs gestellten Fragen zu beantworten, ob es sich bei den in Rede stehenden Spektralerscheinungen um Temperaturstrahlung oder um Chemilumineszenz handelt, das heißt, ob die Flammenspektren von den fertig gebildeten Oxyden oder Halogeniden emittiert werden, oder ob sie während der Bildung dieser Verbindungen entstehen. Herr Fredenhagen widerlegt nun zunächst ein Argument, welches vielfach zugunsten einer Temperaturstrahlung ins Treffen geführt wird, das Argument nämlich, daß sich das Kirchhoffsche Gesetz, wenn auch nicht quantitativ, so doch qualitativ, insofern es nämlich aussagt, daß ein System, welches bestimmte Strahlen bevorzugt emittiert, diese Strahlen auch bevorzugt absorbiert, daß sich dieses Gesetz qualitativ als durchaus gültig für die Flammenspektren erwiesen hat, und daß dieses Gesetz von Kirchhoff selbst unter der Voraussetzung einer reinen Temperaturstrahlung abgeleitet worden ist. Dagegen führt nun Herr Fredenhagen folgendes aus: „Aber gerade für den qualitativen Inhalt dieses Gesetzes ist die Voraussetzung einer reinen Temperaturstrahlung durchaus nicht notwendig, denn der Satz, daß ein System die Strahlen, welche es emittiert, auch zu absorbieren vermag, ergibt sich als eine notwendige Folgerung der allgemeinen Resonanzprinzipien, wobei es ganz gleichgültig ist, um was für eine Strahlung es sich hierbei handelt. Die quantitative Seite des Kirchhoffschen Gesetzes, welche die Emission eines Systems mit der Emission des idealen schwarzen Körpers in Beziehung setzt, und für deren Gültigkeit eine reine Temperaturstrahlung allerdings die notwendige Voraussetzung bildet, ist bei den Flammenspektren aber keineswegs erwiesen und wohl sicher nicht erfüllt. (Daß das Kirchhoffsche Gesetz von der bisher geltenden Auffassung aus, daß die Lichtemission von den freien Metalldämpfen durch Temperaturemission erfolgt, bei den Spektralflammen nicht erfüllt ist.

Digitized by Google

erhellt z. B. aus folgendem Versuch: Wenn man in eine mit Natriumdampf gespeiste, frei an der Luft brennende Wasserstoffflamme Chlor einbläst, so wird die Intensität der D-Linien bedeutend herabgesetzt, obwohl die Temperatur hierdurch nicht erniedrigt, sondern sogar erhöht wird. Man könnte nun einwenden, daß die Konzentration des freien Natriumdampfes in der frei an der Luft brennenden Wasserstoffflamme weit größer sei als in der Wasserstoffchlorflamme. Alsdann müßte offenbar Natriumoxyd bei der gleichen Temperatur stärker dissoziiert sein als Natriumchlorid, was wohl sicher nicht der Fall ist, und was auch dadurch widerlegt wird, daß die Leitfähigkeiten beider Flammen von nahe derselben Größe sind. Ein weiterer Grund, daß die Emission der D-Linien nicht von den freien Natriumatomen als Temperaturstrahlung herrühren kann, liegt darin, daß ihre Konzentration in der Flamme eine so ungeheuer kleine ist, so daß sie ein Emissionsvermögen haben müßten, welches das Emissionsvermögen der anderen Stoffe weit übertreffen würde.) Es ist also auch von dieser Seite aus kein Grund ersichtlich, der zugunsten einer Temperaturstrahlung und gegen eine Chemilumineszenz sprechen würde."

Zugunsten einer Chemilumineszenz hingegen sprechen die bereits erwähnten Versuche mit dem geteilten Bunsenbrenner, sowie einige andere, deren Beschreibung hier zu weit führen würde: Wir hatten gesehen, daß Lithiumsalze den inneren Verbrennungskegel, in welchem sie oxydiert werden, kräftig rot färben, während die äußere Zone, in welche die gleiche Menge des Salzes, indessen praktisch bereits vollständig oxydiert, gelangt, so gut wie farblos bleibt; wir hatten ferner gesehen, daß Kupfersalze, die in der inneren Zone nicht oxydiert werden, diese auch nicht färben, während sie der äußeren Zone, in welcher ihre Oxydation erfolgt, eine intensive Färbung erteilen. Weiter ist zu beobachten, daß Lithiumsalze auch die äußere Flammenzone färben, wenn sie in so großer Menge der Flamme zugeführt werden, daß im inneren Kegel keine vollständige Oxydation erfolgen kann, und daher auch in der Außenzone Lithium oxydiert wird. Es geht also aus diesen Versuchen deutlich hervor, „daß die Flammenfärbungen unabhängig von den Temperaturverhältnissen nur dort eintreten, wo die betreffenden chemischen Prozesse erfolgen. Die Flammenspektren sind somit auf Chemilumineszenz zurückzuführen."

Auf die Darlegungen des Herrn Fredenhagen, daß der Unterschied zwischen reiner Temperaturstrahlung und Chemilumineszenz vom strahlungsmechanistischen Standpunkte aus betrachtet rein thermodynamischer Natur sei, soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden, da diese Betrachtungen rein theoretisches Interesse bieten.

Digitized by Google

Herr Fredenhagen wendet sich nunmehr der Frage nach den Emissionsursachen der Nebenserien zu. Durch Versuche mit einer Nichtsauerstoffflamme konnte diese Frage noch nicht endgültig gelöst werden. Es konnte nämlich bei diesen Versuchen nur die Fluorwasserstoffflamme in Frage kommen, welche der Explosionsgefahr wegen noch nicht rein angewendet werden konnte. Einen anderen Weg zur Entscheidung dieser Frage bietet die Verwendung von Alkalivakuumlampen. Diese Versuche, auf welche hier nicht weiter eingegangen werden kann (der Leser sei auf die Originalmitteilungen des Herrn Fredenhagen in den Annalen der Physik bzw. in der Physikalischen Zeitschrift verwiesen), machen es höchst wahrscheinlich, daß bei den untersuchten Alkalimetallen die Nebenserienlinien als reine Metalllinien aufgefaßt werden müssen. Dieses Ergebnis würde auch mit einer früher gemachten Beobachtung des Herrn Lenard gut im Einklang stehen. Auch auf diese Beobachtungen selbst kann hier nicht eingegangen werden. Wohl aber möge die darauf sich stützende Hypothese des Herrn Lenard kurz erwähnt werden. Danach können die einzelnen Metalle in verschiedenwertigen Zuständen existieren, indem ein Atom ein, zwei oder mehr negative Elementarquanten abgeben kann. Die Linien der ersten, zweiten oder höheren Nebenserie sollen von ein-, zwei- oder mehrwertigen Atomen ausgehen. Von seinem Standpunkt aus, daß die Emission der Spektrallinien an den Eintritt bestimmter Vorgänge geknüpft ist, neigt nun Herr Fredenhagen der Ansicht zu, „daß die Emission der Nebenserien dadurch erfolgt, daß das Metallatom von einem Wertigkeitszustand in den anderen übergeht." „Nimmt man nun an, daß die verschiedenen Wertigkeitszustände durch Abgabe oder Aufnahme von negativen Elektronen ineinander übergehen, so kann man sich auch vorstellen, daß die metallische Leitfähigkeit durch solche Wertigkeitsänderungen der Metallatome vermittelt wird, wobei man zu einer Auffassung gelangt, die sich zwanglos in den Rahmen der heutigen Elektronentheorie der metallischen Leitfähigkeit einfügt."

Eine solche Annahme würde auch zu Konsequenzen über die elektrische Leitfähigkeit führen, welche eine experimentelle Prüfung gestatten. Eine solche Prüfung beabsichtigt Herr Fredenhagen demnächst auszuführen, und auf ihr Ergebnis dürfen wir gespannt sein. Vielleicht wird sich bald die Gelegenheit bieten, hierüber zu berichten. Eine weitere Stütze findet die Ansicht des Herrn Fredenhagen über die Emissionsursachen der Haupt- und der Nebenserien der Alkalimetalle in der gleichfalls von Herrn Lenard gemachten Beobachtung, daß sich die Träger der Hauptserien elektrisch neutral verhalten und

Digitized by Google

im elektrischen Felde nicht wandern, daß dagegen die Träger der Nebenserien in einer Weise wandern, die positiv geladenen Atomen entspricht.

Soviel über die Ausführungen des Herrn Fredenhagen!

In der an den Dresdener Vortrag sich anschließenden Diskussion bemerkte Herr Pringsheim (Breslau), daß er auf Grund früherer eigener Untersuchungen über die Emission der Hauptlinien der Alkalimetalle gleichfalls zu der Überzeugung gelangt sei, daß man es hier mit einer Chemilumineszenz, einer Reaktionsstrahlung zu tun habe. Während aber Herr Fredenhagen als Ursache dieser Lumineszenz eine Oxydation ansieht, macht Herr Pringsheim eine Reduktion dafür verantwortlich. Dagegen wendet Herr Fredenhagen ein, daß gerade seine Versuche mit der geteilten Bunsenflamme ihm das Vorliegen einer Oxydation als Ursache der Linienemission zu beweisen scheinen, daß überdies seines Erachtens gerade die Pringsheimschen Beobachtungen durch die Oxydationshypothese noch besser zu erklären seien als durch die Reduktionshypothese. Herr Pringsheim vertritt den entgegengesetzten Standpunkt und meint, auch die Fredenhagenschen Beobachtungen durch seine Reduktionshypothese erklären zu können. Wo Oxyde seien, seien auch Reduktionsvorgänge, und ein Reduktionsvorgang als Ursache des Leuchtens passe sich besser den anderen Arten des Leuchtens, auch den elektrischen, an als ein Oxydationsvorgang. Eine Klärung der Frage, glaubt Herr Pringsheim, könne durch Anwendung der Elektronentheorie herbeigeführt werden. Indessen meint Herr Pringsheim, daß für eine solche Entscheidung das bisher beigebrachte Beobachtungsmaterial noch keineswegs ausreichend sei.

Herr Gehrcke (Charlottenburg) betont zu den Ausführungen des Herrn Fredenhagen, daß seine in Gemeinschaft mit Herrn Reichenheim ausgeführten Versuche (vgl. hierzu den Bericht über die Anodenstrahlen in dieser Zeitschr. S. 184, 1907) u. a. ergeben haben, „daß die Strahlen von Natriumsalzanoden Atome sind, also nicht aus Natriumoxyd bestehen.“ Danach seien als Träger des Leuchtens hierbei wohl Metallatome anzusehen und nicht Oxyde. Allerdings sei zwischen dem Träger des Leuchtens und dem Erreger des Leuchtens zu unterscheiden, und es könnten sehr wohl erstere Atome sein, während die Erregung durch eine chemische Reaktion erfolgte. Auch seien nicht ohne weiteres die Vorgänge bei den Anodenstrahlen mit denen in Flammen zu identifizieren.

Gegen diese Bemerkungen des Herrn Gehrcke wendet sich Herr Fredenhagen in einer längeren Ausführung, deren Veröffentlichung

Digitized by Google

noch nicht erfolgt ist, von deren Inhalt Herr Fredenhagen indessen dem Referenten freundlichst Mitteilung gemacht hat. Zunächst wird in dieser Erwiderung darauf hingewiesen, daß die Gehrckesche Auffassung den bereits erwähnten Lenardschen Versuchsergebnissen widersprechen würde, nach welchen die Träger der Hauptserienlinien der Alkalimetalle elektrisch neutral seien. Herr Fredenhagen ist auch der Meinung, daß diese Gehrckesche Auffassung aus den Versuchen der Herren Gehrcke und Reichenheim sowie aus denen des Herrn Stark nicht mit Notwendigkeit folge. Aus dem Umstande, daß die von natriumhaltigen Anoden ausgehenden Strahlen im Sinne positiv geladener Atome magnetisch ablenkbar sind, schließt Herr Fredenhagen im Einklang mit den Herren Gehrcke und Reichenheim, daß die von der Anode ausgehenden Teilchen positiv geladene Natriumatome sind. Es ist nun weiter beobachtet worden, daß diese Anodenstrahlen die D-Linien emittieren, und daß diese D-Linien den Dopplereffekt zeigen, und hieraus schließt Herr Gehrcke, daß die D-Linien von diesen positiv geladenen Natriumatomen emittiert werden. Diese Folgerung erscheint Herrn Fredenhagen nicht zwingend; er meint vielmehr, daß durch die erwähnten Versuche keineswegs die Möglichkeit ausgeschlossen sei, „daß die Emission der D-Linien immer nur dann erfolgt, wenn ein Natriumatom auf seiner Bahn mit Sauerstoff zusammentrifft.“ Sauerstoff sei nun bei den Versuchen jedenfalls immer in hierzu nötiger Menge vorhanden gewesen. Für diese Auffassung spreche auch die von den Herren Gehrcke und Reichenheim gemachte Beobachtung, daß mit zunehmender Verdünnung der Anodenstrahl an Sichtbarkeit verliert, während doch gleichzeitig seine Intensität zunimmt, was durch die verstärkte Fluoreszenz an der von dem Anodenstrahl getroffenen Stelle der Röhrenwandung offenbart wird. Herr Fredenhagen führt dann weiter aus: „Trifft nun ein Natriumatom erst dann mit Sauerstoff zusammen, wenn es schon durch das magnetische Feld erheblich aus seiner ursprünglichen Bahn abgelenkt ist, so werden die D-Linien von einer außerhalb der ursprünglichen Bahn liegenden Stelle emittiert werden, ohne daß deshalb die Träger der Emission der D-Linien selbst ablenkbar zu sein brauchten.“

Herr Fredenhagen erwähnt dann noch, daß die Größe des Stark-Dopplereffektes, soweit dieser bisher messend verfolgt ist, sich recht gut seiner Theorie anpasse.

Im übrigen erwartet auch Herr Fredenhagen eine volle Klärung der ganzen Frage erst von der Beibringung weiteren Beobachtungsmaterials, und zwar beabsichtigt er zunächst eine Wiederholung der Lenardschen Versuche und eine Ausführung ähnlicher Untersuchungen.

Digitized by Google

Es steht zu hoffen, daß durch eine systematische Fortführung der einschlägigen Arbeiten die Entscheidung über die Ursache der Emission der Spektrallinien in nicht allzu ferner Zeit herbeigeführt werden wird. Mi.



Über Anodenstrahlen.

(Von der 79. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte, Dresden, 15. bis 21. September 1907.)

Die Herren E. Gehrcke und O. Reichenheim (Berlin) berichteten auf der Dresdener Naturforscherversammlung über die Ergebnisse ihrer neuesten Forschungen auf dem Gebiete der Anodenstrahlen. Für das Verständnis dieses Vortrages dürfte es sich empfehlen, etwas weiter zurückzugreifen und auch über die früheren Arbeiten der genannten Herren über die Anodenstrahlen zu berichten, über welche seit Ende des Jahres 1906 eine Reihe von Mitteilungen in den Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft erschienen sind.

Daß von der Kathode eines Geißlerschen Rohres bei geeigneter Gasverdünnung besondere Strahlen — die Kathodenstrahlen — ausgehen, ist allgemein bekannt. Im Gegensatz zur Kathode beeinflußt die Anode durch ihre Gestalt und durch ihre Lage im Entladungsraume die Erscheinungen des Stromdurchganges durch das Rohr, wenn überhaupt, so doch nur in sehr geringem Maße. Trotzdem ist eine gewisse Parallelität zwischen Anode und Kathode vorhanden, die sich beispielsweise im anodischen Glimmlicht und im Anodenfall zeigt. Besonders das Vorhandensein des Anodenfalls legt die Vermutung nahe, „daß unter geeigneten Umständen auch die Anode befähigt sein dürfte, der Sitz einer Strahlung zu werden und positiv geladene Ionen zu emittieren.“ Die Herren Gehrcke und Reichenheim haben sich nun bemüht, die geeigneten Versuchsbedingungen für die Emission einer solchen Anodenstrahlung zu finden, wie wir sehen werden, mit Erfolg.

Es sei zunächst daran erinnert, daß nach neueren Untersuchungen die Goldsteinschen Kanalstrahlen, deren positive Ladung W. Wien nachgewiesen hat, nicht als von der Anode ausgehend betrachtet werden dürfen, daß sie vielmehr in der Nähe der Kathode bzw. von der Kathodenoberfläche selbst entspringen.

Als die Herren Gehrcke und Reichenheim an ein Geißlerrohr, dessen Anode aus einem Platindraht von etwa 3 cm Länge und 0,3 mm Dicke bestand, dessen Kathode ein nach dem Vorgange Wehnelts mit Baryumoxyd überzogenes, elektrisch geglühtes Platinblech war, eine

Digitized by Google

Spannung von 110 Volt anlegten, erhielten sie scharfe Strahlen von gelblicher Färbung, die von einem kleinen hellen Punkte auf der Anode ausgingen. Die anfänglich recht intensiven Strahlen verblaßten schnell und verschwanden nach einigen Sekunden. Sie traten auch dann nicht wieder auf, als die Stromstärke so hoch gewählt wurde, daß sich die Anode bis zum Schmelzen erhitzte. Eine eingehendere Untersuchung zeigte nun, „daß das wirksame Agens, welches die beobachteten gelblichen Strahlen ergeben hatte, in Spuren von Verunreinigungen zu suchen war, die sich auf der Platinanode befanden. Eine sehr gut gereinigte Platinanode ließ in keinem Falle die Erscheinung wiederkehren; als aber etwas Salz, wie Borax oder Kochsalz, mit der Anode in Berührung gebracht wurde, kehrten die gelblichen Strahlen wieder und zwar mit bedeutender Intensität." Die Erscheinung dauerte aber auch jetzt nur wenige Sekunden.

Die genannten Forscher schritten nun zur Herstellung von Anoden, die größere Mengen geschmolzener Salze enthielten. Solche Anoden wurden zunächst aus Platinblech gebildet, das zu einer elektrisch heizbaren Röhre geformt war. Die Röhre wurde mit Salzen gefüllt. Die Heizung der Anode erfolgte durch eine Sammlerbatterie, die von der zur Heizung der Wehnelt-Kathode dienenden isoliert war. Eine solche mit Natriumkarbonat gefüllte Anode in einem kugelförmigen Entladungsgefäß wurde zur Dunkelrotglut erhitzt. Alsbald ging von der Röhrenöffnung der Anode eine helleuchtende gelbe Fackel von bald kugelförmiger, bald länglicher Gestalt aus, die bis zur Gefäßwandung reichte. „Die Kathode blieb hierbei von blauem Licht umhüllt, und es erschien somit jede Elektrode als Ausgangs- und Mittelpunkt einer strahlartig sich ausbreitenden, glänzenden Lichterscheinung." Im Spektrum der Lichterscheinung an der Anode waren die D-Linien intensiv. Das Anodenphänomen verblaßte nach einigen Minuten und verschwand nach und nach ganz. — Ganz ähnlich war die Erscheinung mit NaCl als Anodensalz, nur waren die D-Linien dann auch im Spektrum der von der Kathode ausgehenden blauen Strahlen zu finden. — Thalliumchlorid lieferte eine prächtige grüne Anodenfackel, deren Spektrum nur die grüne Thalliumlinie intensiv zeigte. — Auch alle übrigen Alkalisalze ergaben Anodenfackeln von charakteristischer Färbung, welche die für die betreffenden Metalle charakteristischen Spektren aufwiesen. Die sehr scharfen Spektrallinien scheinen überall mit den in Bunsenflammen erhaltenen übereinzustimmen. — Im Gegensatz hierzu sind die nach Wehnelt als Kathodenmaterial so wirksamen Erdalkalioxyde als Anodenmaterial völlig unwirksam. Ebensowenig zeigten andere Oxyde die beschriebenen Phänomene. „Es hat

Digitized by Google

sonach den Anschein, als ob hauptsächlich die stark dissoziierten oder verdampfenden Salze hierzu befähigt sind."

Bei Verwendung genügend hoher Stromstärke konnte der Anodenheizstrom ausgeschaltet werden; die Anode wurde dann durch den die Röhre durchfließenden Strom hinreichend erwärmt.

Die Herren stellten nun ihrer Anode einen Faradayschen Zylinder gegenüber, erdeten dessen äußeren Mantel direkt, den inneren über ein Galvanometer. Wenn nun Strom durch die Röhre ging, so zeigte das Galvanometer einen starken positiven Ausschlag, solange von der Anode die beschriebene Lichtfackel ausging. Mit dem Verlöschen der Fackel sank der Ausschlag bis auf Null und wurde dann negativ. Dieser letztere negative Ausschlag dürfte der Einwirkung von Kathodenstrahlen zuzuschreiben sein, die von der Kathode aus in den Faradayschen Zylinder gelangen. Der Faradaysche Zylinder war beweglich angeordnet. Je mehr er der Kathode zugewandt wurde, um so kleiner wurden die positiven Galvanometerausschläge. Sie gingen durch Null und wurden stark negativ, wenn der Zylinder der Kathode zugekehrt war. Aus diesen Beobachtungen schließen die Herren Gehrcke und Reichenheim, „daß von einer heißen Salzanode Strahlen ausgehen, die positive Ladungen mit sich führen, und die wir kurz als Anodenstrahlen bezeichnen wollen."

Zum Schlusse ihrer ersten Veröffentlichung (Verh. d. D. Phys. Ges. 8, 559—566, 1906), die den vorstehenden Ausführungen zugrunde liegt, betonen die Herren, daß die beschriebenen und analoge Erscheinungen schon vor ihnen, u. a. im Jahre 1890 durch E. Warburg, zur Beobachtung gelangt seien. —

Die zweite Mitteilung ist vom Februar 1907 datiert und an gleicher Stelle (9, 76—83, 1907) veröffentlicht. Sie behandelt zunächst Versuche zur Erzeugung schnellerer Anodenstrahlen und zur Herstellung von Anoden, welche eine längere Dauer der Erscheinung gestatten. Eine solche Anode wurde in einer in ihrer Achse durchbohrten, etwa 15 mm langen und 6 mm dicken Salzstange gefunden, welcher ein in die Bohrung eingeführter und in der Mitte der Salzstange frei endender Platindraht den Strom zuführte. Draht und Stange waren derart mit Glas umhüllt, daß nur die Vorderfläche der Stange frei war. Wird ein mit solcher Anode versehenes Rohr, dessen Kathode ein seitlich um die Anode angeordneter Aluminiumring ist, soweit ausgepumpt, daß das Glas durchweg hellgrün fluoresziert und in der Röhre kein leuchtendes Gas mehr zu sehen ist, so geht von der Anode eine den früher geschilderten ähnliche Fackel aus, deren Färbung die des in der Salzanode enthaltenen Metallions ist. Eine der Anode gegenüber-

Digitized by Google

stehende Glimmerscheibe leuchtet dann mit einer Fluoreszenzfarbe, die gleichfalls einem Metallion entspricht. Enthält dieser Schirm kein Salz, so fluoresziert er anfangs nur sehr schwach; mit wachsender Dauer der Entladung aber immer heller und heller mit der Farbe des in der Anode enthaltenen Metallions. „Es wird also offenkundig Substanz von der Anode nach dem Schirm hingeschafft."

Bei den höchsten von den Verfassern erreichten Verdünnungen war im Innern des Rohres kein Leuchten von Gasen sichtbar, und die grüne Fluoreszenz der Kathodenstrahlen auf dem Glase war nur schwach. Die Glimmerscheibe aber und das Glas in ihrer Nähe leuchteten mit der Farbe des betreffenden Metallions. „Die Bahn der Anodenstrahlen selbst markierte sich nur durch die Fackel dicht an der Anode in der gleichen Farbe, im übrigen war die Bahn dunkel. Man hatte hier offenbar den Fall einer Gasentladung vor sich, wo schnelle, durchdringende Anodenstrahlen von der Anode ausgingen und hauptsächlich als Träger des Stroms wirkten. Allem Anschein nach stellte dieses Phänomen die Umkehrung des bekannten Vorganges dar, der sich z. B. in einer Röntgenröhre abspielt; dort wird fast die gesamte Leitung durch Kathodenstrahlen von der Kathode her bewirkt."

Eine Verbesserung der Versuchsanordnung wurde durch Einkitten der ringförmigen Aluminiumkathode in einen Schliff erzielt; es wurde dadurch möglich, die Kathode an verschiedene Stellen des Rohres zu bringen. Auch die Form der Salzanode wurde in der Weise abgeändert, daß die achsiale Bohrung fortfiel. Die Anode besteht also nunmehr aus einer — ebenfalls in einen Schliff eingesetzten — Salzstange, die rings von Glas umkleidet ist, und deren Zuleitung ein innen eingeführter Kupferdraht bildet. — Es erscheint mir ganz zweckmäßig, die Anweisung, welche in der Veröffentlichung für die Herstellung solcher Anoden mitgeteilt wird, hier im Wortlaut wiederzugeben:

„Man stellt diese Salzanode passend so her, daß man ein Glasrohr (von etwa 0,2 cm lichter Weite) in geschmolzenes Salz eintaucht und durch leichtes Ansaugen am offenen Ende des vorher angewärmten Glasrohres dafür Sorge trägt, daß das Salz bis zu einer Höhe von etwa 3 cm in dem Rohre in die Höhe steigt. Nach dem Erkalten des Ganzen wird dann der Zuleitungsdraht in das Innere geschoben und ein zweites, das erste eng umhüllendes Glasrohr darüber geschoben. — Als Anodenmaterial sehr geeignet ist ein Gemisch von Li Br, Li J, Na J, das in einem Mörser pulverisiert und mit etwas Graphitpulver durchmischt wird. Es ist zweckmäßig, die

Digitized by Google

Mischung bald nach der Herstellung zu benutzen, da sie sehr hygroskopisch ist.“ —

Bei dieser Versuchsanordnung und hochgradiger Verdünnung geht von der Anode ein hellroter, nadelartiger Anodenstrahl aus, der im Spektrum die Lithium- und die Natriumlinien zeigt und an der Auftreffstelle auf das Glas rotgelbe Fluoreszenz hervorruft. Dieser Strahl ist unter günstigen Verhältnissen bei Tageslicht sichtbar. Ihn kreuzt der blaue Kathodenstrahl, der grüne Fluoreszenz der Glaswand erregt.

Zuweilen wird eine spontane Teilung des Anodenstrahles in mehrere scharf abgegrenzte Strahlen beobachtet.

Die Länge des Anodenstrahles wächst mit fortschreitender Verdünnung. Im äußersten Vakuum ist der Anodenstrahl selbst kaum sichtbar, um so heller aber die Fluoreszenz des Glases an seiner Auftreffstelle. In den Strahlengang gebrachte Körper werfen scharfe Schatten.

Die Aktivität der Anode läßt mit der Zeit nach, jedenfalls, weil sie zu viel Salz abgibt. — Thalliumsalze als Anoden bewährten sich gleichfalls. Immer aber erwies sich die Beimengung eines fremden Stoffes als zweckmäßig; als solcher Zusatz dient gepulverter Graphit oder Zinkpulver.

Die durch Anodenstrahlen erregte Fluoreszenz hatte stets die gleiche Farbe wie die durch Kanalstrahlen erregte. Auch die bei den ersten Versuchen erhaltene Lichtfackel sandte stets Licht von der Farbe aus, wie sie durch Bestrahlung fester Salze mit Kanalstrahlen erhalten wird.

Die gute Wirksamkeit der Gemische aus Lithium- und Natriumsalzen glauben die Verfasser auf den niedrigen Schmelzpunkt dieser Körper zurückführen zu sollen. Aus kalten Anoden haben sie in keinem einzigen Falle Anodenstrahlen erhalten. —

Diese Angaben aus der zweiten Veröffentlichung mögen genügen. Ihr folgte nach kaum drei Monaten die dritte. (Verh. d. D. Phys. Ges. **9**, 200—204, 1907).

Durch schräges Anschleifen der Anodenvorderfläche erbringen die Forscher den Beweis, daß die Anodenstrahlen gleichwie die Kathodenstrahlen senkrecht auf der Fläche stehen, von welcher sie ausgehen.

Eine für die Untersuchung von Anodenstrahlen verschiedener Art sehr bequeme Anordnung besteht in der Anbringung mehrerer Salzanoden mit verschiedenen Salzgemischen in einem und demselben Rohr.

Die elektrische und die magnetische Ablenkung wurden mit Hilfe geeigneter Versuchsanordnungen, auf die hier nicht weiter eingegangen

Digitized by Google

werden soll, untersucht. Die Ablenkung erfolgte stets im Sinne positiver von der Anode ausgesandter Teilchen und läßt erkennen, daß die Anodenstrahlung nicht homogen ist. — Alle diese Ergebnisse bestätigen die gleich anfangs von den Herren Gehrcke und Reichenheim geäußerte Ansicht, daß die Anodenstrahlen eine den Kathodenstrahlen völlig entsprechende Erscheinung sind. „Denn die Anodenstrahlen besitzen die hauptsächlichsten Eigenschaften der Kathodenstrahlen: sie transportieren eine elektrische Ladung, werfen an Körpern, die ihnen in den Weg gestellt sind, scharfe Schatten, stehen senkrecht zur Oberfläche der Elektrode, werden durch ein elektrisches und magnetisches Feld abgelenkt und erregen endlich an geeigneten Körpern, auf welche sie treffen, Fluoreszenzlicht.“ —

Die Versuche, Anodenstrahlen auch mit solchen Anoden zu erhalten, die nicht als Hauptbestandteil ein Salz enthalten, scheinen noch nicht völlig abgeschlossen zu sein. Ein Stück metallisches Natrium lieferte einen schwachen gelben Anodenstrahl, aber das Natrium war nicht sehr rein. Eisen, Zink, Wismut, Tellur, Kohle sandten Anodenstrahlen, wenigstens in merklichem Maße, nicht aus. Schwefeljodid hingegen lieferte kräftige hellgelbe Anodenstrahlen, und ein Gemisch aus Schwefeljodid, Tellur und Kohlepulver ergab prächtig blauviolette, aber magnetisch nur schwach ablenkbare Anodenstrahlen.

Wir gelangen nun zu den neuesten Versuchen, über welche die Herren Gehrcke und Reichenheim in Dresden Bericht erstattet haben, und welche sich an das Besprochene unmittelbar anschließen.

Es war bisher unentschieden, ob die Anodenstrahlen selbst aus leuchtenden Teilchen bestehen oder an sich nicht leuchten und erst durch Zusammenstoß mit den im Rohre vorhandenen Salzteilchen Licht erregen. Im ersteren Falle müssen die Anodenstrahlen wie die Kanalstrahlen den Doppler-Effekt aufweisen. Dieser wurde in der Tat schon bei früheren Versuchen beobachtet. Die eingehende Untersuchung dieses Effektes zeigte eine völlige Übereinstimmung mit dem von Stark entdeckten Doppler-Effekt bei den Kanalstrahlen. Es gelang, den Doppler-Effekt bei den Anodenstrahlen für die Linie D_2 des Natriums so zu photographieren, daß eine Ausmessung der Verschiebung zwischen der „bewegten Intensität“ und der „ruhenden Intensität“ möglich war. Aus den so gemessenen Verschiebungen ergeben sich rechnerisch für die Geschwindigkeit der Anodenstrahlen die Werte:

$v = 1{,}4 \,.\, 10^7$ cm/sec für die schnellsten Strahlen und

$v = 1 \,.\, 10^7$ cm/sec für die Strahlen mittlerer Geschwindigkeit.

Digitized by Google

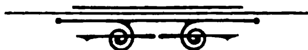
Gleichzeitig wurde der Anodenfall gemessen und zwischen 2100 und 2300 Volt gefunden. Nimmt man an, daß die Geschwindigkeit der Anodenstrahlen ebenso wie die der Kathodenstrahlen von dem Potentialfall an der Elektrode herrührt, so ergibt sich aus diesen Zahlen für die schnellsten Anodenstrahlen des Natriums das Verhältnis der Ladung zur Masse, ε/μ, für Na zu etwa $0{,}45 \,.\, 10^3$ abs. Einh., während es für Wasserstoff $9{,}5 \,.\, 10^3$ ist. Daraus erhält man für das Verhältnis der Massen: $\mu_{Na}/\mu_H = 21$, also sehr nahezu das Atomgewicht des Natriums.

Messungen der magnetischen Ablenkung ergaben innerhalb der Beobachtungsfehler dasselbe Resultat.

Beim Lithium war der gefundene Wert etwas zu groß, ein Umstand, der sich auf verschiedene Weise erklären läßt, worauf aber hier nicht näher eingegangen werden kann. — Beim Strontium hingegen ergab sich wieder volle Übereinstimmung mit dem Atomgewicht, wenn man annimmt, daß, entsprechend der Zweiwertigkeit dieses Metalles, die Ladung ε eines Strontiumteilchens doppelt so groß ist wie die eines Natrium- und Lithiumteilchens.

Aus ihren jetzt mitgeteilten Beobachtungen schließen die Herren Gehrcke und Reichenheim, „daß die von Natrium, Lithium und Strontium unter den angewendeten Versuchsbedingungen erzeugten Anodenstrahlen aus geschleuderten Metallatomen bestehen, und daß die Energie der Strahlen der Hauptsache nach von dem elektrischen Kraftfelde herrührt, welches sie durchlaufen, in diesem Falle also vom Anodenfall. Ferner wird man annehmen dürfen, daß ein großer Teil der Strahlen von der Anode selbst seinen Ausgang nimmt, und daß für diesen die gleichen Gesetze gelten, welche das Verhalten der Kathodenstrahlen bestimmen. Die Parallele zwischen den Strahlen von der Kathode und der Anode ist mithin eine sehr weitgehende." —

Die Herren Gehrcke und Reichenheim werden vermutlich ihre Untersuchungen auf diesem Gebiete noch weiter fortsetzen, insonderheit noch genauere Messungen anstellen. Über weitere Ergebnisse zu berichten, werden wir dann wieder Gelegenheit nehmen. Mi.



Digitized by Google



Wilhelm Bölsche, Ernst Haeckel, ein Lebensbild. Volksausgabe. 8. VI und 219 S. Berlin und Leipzig 1907. Hermann Seemann Nachfolger. M. 1,—.

Ein Lebensbild oder, besser gesagt, eine Reihe lebensvoller Bilder, nicht eine trockene Biographie im landläufigen Sinne bietet der Verfasser. Man könnte versucht sein, die Schrift selbst als ein Stück Entwicklungsgeschichte anzusprechen, Entwicklungsgeschichte nicht nur der Persönlichkeit Haeckels, sondern auch der Naturwissenschaft. Ich stehe nicht an, dieses Buch als eine künstlerische Tat zu preisen. Die meisterhafte Darstellungsweise fesselt den Leser in höchstem Maße. Wie reizvoll sind beispielsweise einzelne Züge aus den Kinderjahren geschildert! „Schon in dem ganz kleinen Kinde“, so heißt es, „treten gewisse Lebenszüge unverkennbar hervor. Einmal die Liebe zur Natur, zum Lichten, Bunten, Schönen, zu Blumen, Grün, Schmetterlingen, Sonne, Himmelsblau. Und dann der scharfe Unabhängigkeitssinn, das trotzig Eigene. Dieser Sinn schloß tiefe Gemütsweichheit nicht aus. Man konnte von dem Kinde alles haben, heißt es, wenn man es bat: nichts, wenn man es zwingen wollte. Aber das ganz kleine blonde, blauäugige Kerlchen saß still für sich, wenn man ihm ein Gänseblümchen gab, das es zerzupfen konnte. Er riß die weißen Blättchen zuerst als kleiner zerlegender Forscher vom gelben Mittelfeld. Dann legte er sie sorgsam wieder Stück für Stück so an ihre Stelle, wie sie im unberührten Kranze um das gelbe Feld gesessen hatten, klatschte in die Hände und rief: Nun ist's wieder ganz! Man meint im Spiel eines Kindchens die großen Linien wie Stammbaumäste eines Menschencharakters sich nach zwei Seiten ranken zu sehen: trennende wissenschaftliche Arbeit und neu einigenden Künstlersinn, der die zergliederte Welt abermals als Harmonie erfaßt.“ — Dieses Bild findet eine charakteristische Ergänzung in der Schilderung der Zweifel, die den zwölfjährigen Gymnasiasten bei der Anlegung seines Herbariums plagen. Es sei mir gestattet, auch diese Stelle hier anzuführen. „Und hier bedeutsam genug: dem jungen Anfänger vor seinem Herbarium dämmert ein Gefühl dafür auf, als sei in der strengen Systematik, wie sie die Lehrbücher überlieferten, irgendein fauler Punkt. Im Buche stand, es gebe feste Arten, so und so viele, und jede Art sei unabänderlich kenntlich an den und den Merkmalen. Wenn der Knabe aber in der Praxis seine eingeheimsten Schätze dann nach diesen Diagnosen bestimmen wollte, so schien allerhand Konterbande sich immer wieder einzuschleichen mit der Wirklichkeit, gleich den Gespenstern der Walpurgisnacht, die der Weise umsonst anschnauzt: „Verschwindet doch, wir haben ja aufgeklärt.“ Die Einzelexemplare kümmerten sich schlechterdings oft um gar keine Art-Diagnose der Buchweisheit, sie variierten, schnitten bald dieses, bald jenes Sondergesicht, spannten geradezu unverschämte Brücken von dieser festen Rubrik zu jener. Was war das? Gab

Digitized by Google

es etwa gar keine festen Arten in der Wirklichkeit? War die „Art" bloß ein menschlicher Idealbegriff und die Wirklichkeit der Pflanzen-Individuen ein auf und ab wogendes Meer . . .? Demgegenüber betonten Lehrer und Buch, daß gerade die „Art" in ihrem absoluten Sondersein die Grundlage aller botanischen Wissenschaft sei, das große heilige Fundament, das der Moses aller wissenschaftlichen Pflanzen- und Tierkunde für immer festgelegt: Linné. Wie konnte das sein? — Zwanzig Jahre später sollte der reife Mann auf dieses Dilemma mit einem gewissen Lächeln der Genugtuung zurückblicken. Er wußte jetzt, an welcher Nuß der kleine Artenzweifler damals vergebens geknackt. Es war nichts Geringeres gewesen als das stolze Problem — Darwins, die große Entscheidungsfrage nach der Starrheit oder Veränderlichkeit der Art. ‚Das Problem von der Konstanz oder Transmutation der Spezies (Dauer oder Wandelbarkeit der Arten)', so berichtete er jetzt mit geradem Wort, ‚hat mich schon lebhaft interessiert, als ich, vor nunmehr zwanzig Jahren, als zwölfjähriger Knabe zum erstenmal mit leidenschaftlichem Eifer die „guten und schlechten Spezies" der Brombeeren und Weiden, Rosen und Disteln vergeblich zu bestimmen und zu unterscheiden suchte. Mit heiterer Genugtuung muß ich jetzt der kritischen Beängstigungen gedenken, welche damals mein zweifelsüchtiges Knabengemüt in die schmerzlichste Aufregung versetzten, da ich beständig hin und her schwankte, ob ich (nach Art der meisten sogenannten „guten Systematiker") die „guten" Exemplare allein in das Herbarium aufnehmen und die „schlechten" ausweisen, oder aber durch Aufnahme der letzteren eine vollständige Kette von vermittelnden Übergangsformen zwischen den „guten Arten" herstellen sollte, welche die Illusionen von deren „Güte" vernichteten. Ich beseitigte diesen Zwiespalt damals durch einen Kompromiß, welchen ich allen Systematikern zur Nachahmung empfehlen kann: ich legte zwei Herbarien an, ein offizielles, welches den teilnehmenden Beschauern alle Arten in „typischen" Exemplaren als grundverschiedene Formen, jede mit ihrer schönen Etikette beklebt, vor Augen führte, und ein geheimes, nur einem vertrauten Freunde zugängliches, in welchem nur die verdächtigen Genera Aufnahme fanden, welche Goethe treffend die „charakterlosen oder liederlichen Geschlechter" genannt hat, „denen man vielleicht kaum Spezies zuschreiben darf, da sie sich in grenzenlosen Varietäten verlieren", Rubus, Salix, Verbascum, Hieracium, Rosa, Cirsium usw. Hier zeigten Massen von Individuen, nach Nummern in eine lange Kette geordnet, den unmittelbaren Übergang von einer guten Art zur andern. Es waren die von der Schule verbotenen Früchte der Erkenntnis, an denen ich in stillen Mußestunden mein geheimes, kindisches Vergnügen hatte'." — — — Es kann naturgemäß nicht meine Aufgabe sein, hier alle Schönheiten des Buches hervorzuheben. Der Leser wird sie auf jeder Seite finden. — Nur noch ein Bild möchte ich wiedergeben, die an Gottfried Keller gemahnende Schilderung des ersten persönlichen Zusammentreffens Haeckels mit Charles Darwin: „Es ist im Oktober 1866." — so lesen wir — „Darwins Wagen hat Haeckel von der Eisenbahnstation abgeholt. Ein sonniger Herbstmorgen lacht über der schlicht schönen englischen Landschaft mit ihrem bunten Laubwald und Goldginster, ihrer roten Erika und ihren immergrünen Steineichen." — — Doch genug Man nehme das Buch selbst zur Hand!

Mi.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google



Leuchtende Pflanzen.

Von Dr. **C. Müller** in Potsdam.

Mit einem Stümpfchen leuchtenden Holzes, so erzählt uns das Märchen, erhellt Däumelliescchen des Maulwurfs gastliches Haus, und Fackeln derselben Art sind es, mit denen die Gnomen auf nächtlicher Wanderung ihren Weg beleuchten. Wer das Dunkel des Waldes nicht fürchtet, der kann unschwer im Hochsommer oder Herbste, am besten nach mehrtägigem Regenwetter, dieses nächtliche Leuchten beobachten: ein weißes, mattes Licht, das auf den, der es unvermutet sieht, einen befremdenden und darum unheimlichen Eindruck macht. Gewöhnlich ist es ein morscher Baumstrunk, von dem das Leuchten ausgeht, meist so mürbe, daß er bei kräftigem Stoße in Hunderte von Bruchstücken zersplittert, die dann in weitem Umkreise zu Boden fallen, jedes von ihnen in magischem Glanze weiter erstrahlend, so daß der düstere Waldesgrund wie mit Brillanten übersät erscheint.

Es liegt auf der Hand, daß eine so eigenartige Erscheinung schon frühzeitig die Aufmerksamkeit der Menschen erregte, und daß der Anblick leuchtenden Holzes namentlich in der Zeit des Aberglaubens einen mächtigen Einfluß auf die Gemüter ausgeübt hat. Der erste, der eine an guten Beobachtungen reiche Arbeit über leuchtendes Holz veröffentlicht hat, ist Placidus Heinrich (Nürnberg 1815) gewesen. Er gibt darin bereits an, daß alle Arten hochstämmiger Gehölze ohne Ausnahme Licht entwickeln können, und betont, daß in unserem Klima gewöhnlich Erlen-, Weiden- und Föhrenholz, ganz besonders häufig aber das Wurzelholz der Tanne leuchtet. Wodurch aber das Leuchten hervorgerufen wird, ist Heinrich noch nicht bekannt; er glaubt, daß es in Beziehung zur Vermoderung des Holzes steht, daß die sich zersetzenden Säfte desselben leuchtend sind.

Digitized by Google

Durch das Auffinden leuchtender Pilze wurde endlich der Weg gewiesen, der zur richtigen Erkenntnis dieser Erscheinung führte. Joh. Flor. Heller ist es gewesen, der als erster den wahren Grund derselben feststellte und bereits gelegentlich der 21. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Graz 1843 darüber Bericht erstattete. Nicht durch den chemischen Prozeß der Fäulnis, so äußerte er sich, wird, wie bisher allgemein angenommen wurde, das Leuchten des Holzes hervorgerufen; die Ursache dafür ist vielmehr in einem Pilze zu suchen, der, selbständig leuchtend, in jedem leuchtenden, gefaulten Holze zu suchen ist. Der Verwesungsgrad des Holzes steht mit dem Leuchten in keinerlei Zusammenhang; das Leuchten ist nur von der Entwicklung des Pilzes und den äußeren Bedingungen abhängig. Heller nannte den von ihm gefundenen Pilz Rhizomorpha noctiluca.

Eigentümlicherweise gerieten die Arbeiten Hellers in völlige Vergessenheit, so daß etwa dreißig Jahre später der bekannte Botaniker Ludwig ganz unabhängig von diesen noch einmal den Nachweis führen konnte, daß das Leuchten des Holzes durch die Vegetation der an diesem wuchernden Pilzmycelien hervorgerufen wird. Gleichzeitig wies dieser durch spektroskopische Untersuchungen nach, daß die alte Angabe Achards (1783), nach der das vom Holze ausgestrahlte Licht nicht durch gefärbte Gläser dringe und sich durch ein Glasprisma nicht zerlegen lasse, unrichtig sei.

Der Pilz selbst hat in der nachfolgenden Zeit den Botanikern noch mancherlei Kopfzerbrechen bereitet, bis schließlich Hartig die bis dahin unbekannte Fruktifikationsform der Rhizomorpha in den Fruchtträgern des in unseren Wäldern so häufigen Hallimasch (Agaricus melleus) (Fig. 1) erkannte. Durch Kulturversuche im Laboratorium aus den Sporen dieses Pilzes die Rhizomorpha zu ziehen, blieb Brefeld vorbehalten. Aus dieser aber auch Fruchtkörper zu erhalten, ist ihm nicht gelungen. Erst Molisch, Professor der Botanik an der deutschen Universität zu Prag, hat dies vor wenigen Jahren zum erstenmal erreicht und damit gewissermaßen den Schlußstein in dieser Untersuchungsreihe geliefert (Fig. 2).

Wie nun Molisch in seinem Werke „Leuchtende Pflanzen" (Verlag von G. Fischer in Jena, 1904) mitteilt, in welchem er eine zusammenfassende Darstellung unserer derzeitigen Kenntnisse über die Lichtentwicklung der Pflanze auf Grund der bisherigen und eigenen Forschung gegeben hat, ist das Leuchten des Holzes in der Mehrzahl der Fälle innerhalb Mitteleuropas bei der Föhre, Fichte, Birke, Eiche und Buche auf den Hallimasch zurückzuführen, doch kann es auch noch von anderen Pilzen hervorgerufen werden. Keineswegs gilt dies aber, wie bisher angenommen wurde, von den Xylariaarten, deren Mycelien allenthalben an

Digitized by Google

Holz verbreitet sind. Ob nicht noch andere höhere Pilze, wie z. B. Trametes pini, Polyporus sulfureus, P. citrinus usw., deren Mycel als leuchtend angeführt wird, bei eingehender Untersuchung aus der Zahl der Leuchtpilze gestrichen werden müssen, mag dahingestellt sein.

Merkwürdigerweise leuchtet der Hut des Hallimasch gar nicht, doch sind mehrere verwandte Arten beobachtet, bei denen dies der Fall ist, so der brasilianische Agaricus Gardneri, der in Amboina heimische Agaricus igneus, der in Manila vorkommende Agaricus noctilucens und der in Südeuropa durch das mittelländische Florengebiet weitverbreitete Agaricus olearius. Ersteren hat Gardner zufällig bei einem nächtlichen



Fig. 1. Agaricus melleus Vahl.
Fruchtkörper aus dem Walde. (Nach Molisch.)

Spaziergange durch die Straßen der Stadt Natividade in der brasilianischen Provinz Goyaz entdeckt. Er hatte nämlich zufällig bemerkt, daß mehrere Knaben mit einem leuchtenden Gegenstande spielten, den er zunächst für ein Insekt hielt, der sich aber bei genauerem Zusehen als ein Blätterpilz, ein Agaricus, entpuppte, dessen Hutbreite zwischen 1 bis $2^1/_2$ Zoll schwankte. Der genannte Pilz, den die Bewohner der Stadt „Flor de Coco" nannten, strahlte ein mattgrünes Licht, ähnlich dem der größeren Leuchtinsekten und dem der Feuerwalzen, aus, und zwar in solcher Intensität, daß Gardner im Finstern bei dem vereinten Lichte mehrerer solcher Pilze lesen konnte. Später hat Berkeley diesen Pilz genau beschrieben und Agaricus Gardneri genannt.

Zu den am besten studierten unter den vorgenannten Pilzen gehört ohne Zweifel Agaricus olearius (Fig. 3), der sich namentlich am Fuße der

Digitized by Google

Ölbäume findet. Schon ganz junge Pilze entwickeln nicht selten ein glänzendes Licht. Die Leuchtkraft zeigt sich hauptsächlich auf der blättrigen, Hymenium genannten Unterseite des Pilzhutes; bei älteren Pilzen beginnt auch der Strunk zu leuchten.

Spezifisch australisch ist nach Dr. J. Lauterer der im Dunkeln prächtig leuchtende, in ganz Ostaustralien häufige, große weißliche Blätterpilz Panus incandescens, der in Gruppen um Baumstämme wächst. „Er gleicht den größeren deutschen Agaricusarten und zeigt am Tage nichts Auffallendes. Wenn man aber des Nachts durch den Busch geht und die Pilze ihr smaragdgrünes Licht erstrahlen lassen, ein Licht, bei dem man in unmittelbarer Nähe gut lesen kann, so gewinnt die liebliche, feenhafte Erscheinung sogleich unser Interesse."

Ein anderer leuchtender Hutpilz, Pleurotus candescens, ist gleichfalls in Australien heimisch und von Alpine entdeckt worden. Er findet sich in Victoria und Neusüdwales auf totem Holze; hauptsächlich sind es die Fruchtlamellen, die bei diesem Pilze leuchten. Außer den genannten Arten werden übrigens noch verschiedene Agarici in der Literatur aufgeführt, denen die Fähigkeit des Leuchtens zugeschrieben wird.

Während das durch Pilze hervorgebrachte Leuchten des Holzes tage-, ja wochenlang andauert, ist nun von Molisch noch ein anderes beobachtet worden, das von ersterem dadurch abweicht, daß es nur blitzartig auftritt. Wie festgestellt worden ist, wird diese Erscheinung durch ein zur Abteilung der Springschwänze gehöriges Insekt, Neanura muscorum, hervorgebracht, das überall unter Blumentöpfen, Steinen, also meistenteils an dunklen Orten lebt und hier ein improvisiertes Höhlenleben führt.

Doch nicht leuchtendes Holz allein bietet der nächtliche Wald dem Beobachter dar, sein Boden wird auch nicht selten von dem Lichte verwesenden Laubes bestrahlt. Schon 1848 hat Tulasne in Frankreich leuchtende, vermodernde Eichenblätter gesehen, ohne aber weitere Beobachtungen darüber anzustellen. Wie Molisch nachgewiesen hat, sind leuchtende Eichen- und Buchenblätter nichts weniger als selten (Fig. 4). Will man sich solche verschaffen, so suche man vornehmlich da, wo die vom vorigen und von früheren Jahren herrührenden abgefallenen Blätter in dickerer Schicht, etwa 10—30 cm übereinander liegen. Die obersten Blätter sind zumeist trocken, braun und von fester Konsistenz. Sie leuchten nicht. Darunter liegt dann häufig eine Zone von Blättern, die wie die Blätter eines Buches, nur wirr durcheinander, platt aneinander liegen, bereits in einem weiteren Grade der Zersetzung sich befinden und sich durch eine mehr gelbliche oder weißlich-gelbe Farbe auszeichnen, die entweder schon am ganzen Blatte oder nur auf einzelnen Flecken wahrzunehmen ist. Hauptsächlich die von dem tieferen Braun des Blattes abstechenden

Digitized by Google

hellen Flecken sind es nun, die leuchten. Auch hier ist nicht die in Zersetzung befindliche Blattsubstanz, sondern der darin lebende Pilz der Lichterreger. Obgleich Molisch mit Leichtigkeit die die leuchtenden Blätter durchsetzenden bräunlichen oder farblosen Pilzhyphen erkennen konnte, einzelne sogar die Fruchtkörper dieser Pilze zeigten, so ist es ihm bisher doch nicht gelungen, diesen Pilz zu isolieren und zu bestimmen.



Fig. 2. Agaricus melleus.
Reinkultur mit den Fruchtkörpern im Erlenmeyerkolben auf Brot. (Nach Molisch.)

Wie das Leuchten des Holzes bereits im Altertum beobachtet worden ist, so ist auch das Leuchten toter Organismen schon lange bekannt. Doch erst dem 19. Jahrhundert blieb es vorbehalten, die Ursache dieser Erscheinung auf lebende Wesen, nämlich auf Leuchtbakterien zurückzuführen.

Der erste, der einen verläßlichen Bericht über leuchtendes Fleisch veröffentlicht hat, ist wohl der Anatom Hier. Fabricius ab Aquapendente in Padua gewesen. Etwa fünfzig Jahre später, 1641, beobachtete Bartholin in Montpellier, daß vom Markte nach Hause gebrachtes Hammelfleisch während der Nacht zu leuchten anfing. Der Vorfall erregte naturgemäß allgemeines Aufsehen, und weiteres Nachforschen ergab, daß die Fleischer von Montpellier dieses Leuchten an den verschiedensten Fleischsorten auch schon früher bemerkt hatten. „Das Licht zeigte sich besonders an den Köpfen der geschlachteten Schafe, an dem Nierenfette und an den Membranen; es war weißlich, nicht flächenweise, sondern gleich Sternen

Digitized by Google

verteilt, hielt bis zur Fäulnis an und konnte vom Fleisch getrennt werden".

Wiederum ist es Heller gewesen, der als erster die wahre Ursache dieses Leuchtens erkannte. Obwohl er sich nicht speziell mit der Erscheinung des Leuchtens von Schlachtvieh befaßt hatte, so gelangte er doch, namentlich auf Grund seiner Versuche mit Seefischen, zu dem richtigen Schlusse: „die Unterscheidung eines Leuchtens verwesender oder faulender Tiere und Tierstoffe vom Leuchten lebender Tiere fällt gänzlich weg, denn nicht die verwesenden und faulenden Tiere leuchten, sondern ein nach dem Tode sich an den Tierstoffen bildender Pilz, somit wieder eine Pflanze, für welche ich den Namen Sarcina noctiluca vorgeschlagen habe. Es ist das Leuchten toter Tiere und Tierstoffe vom chemischen Prozesse der Verwesung und Fäulnis gänzlich unabhängig und jede Annahme einer spontan leuchtenden Phosphorverbindung also falsch."

Leider ist auch diese Arbeit Hellers in Vergessenheit geraten, so daß der bekannte Bonner Physiolog Pflüger ganz unabhängig von derselben zu demselben Resultat gelangen konnte. Ludwig, Dubois und andere Forscher haben dieses auf Grund eingehender Untersuchungen zu bestätigen vermocht, und Molisch ist es gelungen, tadellose Reinkulturen des Pilzes herzustellen, auf den das Leuchten des Rind- und Pferdefleisches, wie auch des Schweine-, Kalb-, Gänsefleisches zurückzuführen ist. Es ist dies jene Bakterie, welche F. Cohn seinerzeit als Micrococcus phosphoreus, Molisch als Bacterium phosphoreum bezeichnet hat. Dieses aus relativ großen kugeligen oder stäbchenförmigen Zellen bestehende Bakterium entbehrt der Eigenbewegung, leuchtet nur bei Gegenwart von Sauerstoff und liebt im allgemeinen niedrige Temperaturen. Krankheit erregende Eigenschaften kommen ihm nicht zu. Mehrere Kubikzentimeter leuchtender Bouillon konnten von Molisch ohne Schaden verzehrt werden, und dies darf nicht auffallen, wenn man bedenkt, daß die Bakterie schon bei 30° C abstirbt, während unsere Körpertemperatur bekanntlich 37° C beträgt. Ja, leuchtend gewesenes Fleisch, besonders Wild, soll sich nach dem Kochen und Braten sogar durch besondere Zartheit auszeichnen.

Wenn verschiedentlich das Leuchten von sogenannten Soleiern, ebenso von Kartoffeln beobachtet worden ist, so ist dies zweifelsohne darauf zurückzuführen, daß sie in den Aufbewahrungsräumen, wie Küche und Speisekammer, mit der Leuchtbakterie des Fleisches infiziert worden sind.

Anders ist dies mit toten Seefischen und sonstigen Seetieren, deren Leuchten besonders den Fischern schon seit langer Zeit bekannt ist. Niemals ließ sich nach den Untersuchungen, die Molisch im Hafen von Triest angestellt hat, das Bacterium phosphoreum als Ursache des

Digitized by Google

Leuchtens nachweisen. Dafür fanden sich verschiedene andere Arten mariner Leuchtbakterien auf diesen Seetieren vor, so z. B. der Bacillus photogenus, B. luminescens, B. gliscens und der ungemein intensiv leuchtende, auch in der Nord- und Ostsee vorkommende B. lucifer.

Eigentümlicherweise leuchten tote Süßwasserfische im Gegensatze zu Seefischen gewöhnlich nicht. Wenn es vorkommt, handelt es sich stets um eine Infektion mit marinen Leuchtbakterien, die ja leicht eintreten kann, da in den Verkaufsläden und Markthallen Süßwasserfische mit Seefischen direkt oder indirekt in Berührung kommen.

Wahrscheinlich haben wir es auch bei den Angaben über leuchtende



Fig. 3. Agaricus olearius.
(Nach Molisch.)

Maulwurfsgrillen, Fliegen und Mücken mit Tieren zu tun, die auf irgendeine Weise von Photobakterien infiziert worden sind. Besonders die letztgenannte Erscheinung ist nicht selten beobachtet worden, so zuerst von Pallas, 1874 von einem Mitgliede der Aralo-Kaspischen Expedition u. a.; Schmidt hatte im Sommer 1892 das Glück, leuchtende Zuckmücken am Issykulsee zu sehen. Nach seinen Mitteilungen waren diese Mücken auffallend unbeweglich und machten den Eindruck erkrankter Tiere. Jedenfalls besaßen sie keine besonderen Leuchtorgane, auch war das Leuchten nicht von ihrem Willen abhängig. Eine endgültige Entscheidung wird natürlich erst gefällt werden können, wenn entsprechende Infektionsversuche an Mücken angestellt sind.

Digitized by Google

Die Zahl der bisher bekannt gewordenen Leuchtbakterienarten beläuft sich zurzeit auf 26; zweifelsohne gibt es deren aber noch viel mehr.

Erwähnt werden mag hier, daß nach Ansicht verschiedener Forscher die bekannte Erscheinung des Meeresleuchtens auch durch Bakterien hervorgerufen werden kann. Es ist dies jenes Leuchten, welches häufig auch in unsern heimatlichen Gewässern, z. B. fast regelmäßig im Herbst oder Spätsommer im Kieler Hafen beobachtet wird. „Ist die Meeresoberfläche ruhig, so bemerkt man", wie B. Fischer schreibt, „höchstens einen ganz schwachen Lichtschein, dagegen zeigt sich überall, wo ein Zerstäuben, ein Aufrühren und Aufwühlen usw. der Wassermassen stattfindet, ein plötzliches Aufleuchten, welches von der aufgerührten Stelle aus eine Strecke weit um sich greift, so daß ein mehr oder minder großer Abschnitt der Meeresoberfläche eine Zeitlang in seiner ganzen Masse gleichmäßig mit dem weißlichen Lichte leuchtet. Dieses fast momentane Aufleuchten wird wahrgenommen, wenn man einen Stein ins Wasser wirft, einen Gegenstand eintaucht usw. Die soeben noch völlig dunkle Wasserfläche eines wenig belebten Hafens wird durch einen plötzlich einsetzenden Regen wie mit einem Schlage in ein ausgedehntes Feuermeer umgewandelt. Es findet dies Aufleuchten statt überall da, wo die Wogen gegen Felsen und wo sie gegen den Strand geworfen werden. Es leuchten in der beschriebenen Weise bei bewegter See die schaumbedeckten Wellenköpfe, es leuchtet das Wasser, wo es gegen das in der Fahrt befindliche Boot oder Schiff spült, wo es durch das rotierende Rad oder durch die Schraube aufgewühlt und verspritzt wird." Auf künstlichem Wege diese Art des Meeresleuchtens hervorzurufen, soll dadurch möglich sein, daß man die Oberfläche eines leuchtenden Fisches mit Seewasser oder dreiprozentiger Seesalzlösung abspült und dazu eine größere Menge Seewasser oder eine entsprechende Seesalzlösung setzt. Eine geringe Menge Bakterien soll genügen, um ein außerordentlich großes Quantum Seewasser zum Leuchten zu bringen. Wasser, dessen Leuchten durch Bakterien bedingt ist, leuchtet nach dem Hindurchgießen durch gewöhnliches Filtrierpapier ungeschwächt weiter, da nur die kleinen Bakterien die Filterporen passieren; bei anderer Ursache (z. B. Noctiluca) leuchtet nur der auf dem Filter verbleibende Rückstand, während das filtrierte Wasser dunkel erscheint (Prometheus Nr. 785).

Nach Reinke wird dieses Meeresleuchten im Kieler Hafen vorzugsweise durch Peridineen hervorgerufen. Es sind dies einzellige, mit zwei Geißeln versehene Organismen, die früher als Tiere angesehen wurden. Gegenwärtig werden sie wegen ihres Besitzes von braunem Farbstoff. von Chlorophyll und Kohlensäure assimilierenden Chromatophoren von den Botanikern beansprucht und bald zu den Algen, bald zu den Flagel-

Digitized by Google

laten gestellt. Molisch hat auf das Meeresleuchten bezügliche Untersuchungen im Triester Hafen angestellt und dabei festgestellt, daß hier das Peridinium divergens (Fig. 5) einen hervorragenden Anteil an dem Meeresleuchten hat. In tropischen und subtropischen Meeren sollen bei dem Entstehen dieser Erscheinung die bisher noch wenig bekannten Pyrocysteen, eine Gruppe von Lebewesen, die gelbe Chromatophoren besitzen und zurzeit als Algen angesprochen werden, beteiligt sein.

Worauf beruht nun das Leuchten der Pflanzen? Daß zwischen der Lichtentwicklung und der atmosphärischen Luft Beziehungen existieren, hat man schon zu einer Zeit angenommen, zu der das Leuchten des faulen Holzes und toter Tiere noch gar nicht als biologischer Vorgang erkannt war. Pflüger, vor allem aber Beijerink haben den Nachweis erbracht, daß sich das Leuchten der Pflanzen nur bei Gegenwart von freiem Sauerstoff vollzieht, der Leuchtprozeß auf einer Oxydation beruht. Zum Unterhalten desselben genügen sehr geringe Mengen von Sauerstoff.



Fig. 4.
Ein verwesendes Blatt der Buche (Fagus silvatica). Hauptsächlich die hellen, in Wirklichkeit weißlich-gelben Stellen leuchten. (Nach Molisch.)

Mit Rücksicht nun auf die innige Beziehung zwischen Pilzlicht und Sauerstoff hat man allgemein angenommen, daß die Lichterregung mit der Atmung auf das engste zusammenhängt, ja man hält die Lichtentwicklung sogar für eine direkte Folge der Atmung. Das Leuchten faulenden Holzes, so schreibt z. B. Francé in seinem Pflanzenleben, das vor wenigen Jahren noch jeder Chemiker einer langsamen Oxydation der organischen Substanz zuschrieb, ist heute als biologischer Prozeß durchschaut, hervorgerufen durch die Atmung der Rizomorpha genannten Stränge verschiedener Pilze, die das Holz als Saprophyten durchwuchern. Nach Molisch fehlt nun aber dafür, daß der durch das Leuchten gegebene Oxydationsprozeß auch zu einer Kohlensäureproduktion führt, der Beweis. Dementsprechend liegt auch kein zwingender Grund vor, von einer Lichtentwicklung durch Atmung zu sprechen, wenn schon damit von vorgenanntem Forscher nicht bestritten werden soll, daß ein indirekter Zu-

Digitized by Google

sammenhang zwischen Atmung und Lichtentwicklung besteht. Nach ihm drängen unsere Erfahrungen über das Leuchten der Lebewesen zu der Auffassung, daß es sich hier um einen chemischen Prozeß handelt und daß innerhalb der Zelle ein Stoff gebildet wird, der bei Gegenwart von freiem Sauerstoff und Wasser leuchtet. Daß nicht bloß Sauerstoff, sondern auch eine gewisse Menge Wasser zum Leuchten notwendig ist, geht daraus hervor, daß Bakterienmassen, die ihr Wasser infolge Verdampfung verloren haben, nach 5 bis 10 Minuten aufhören zu leuchten, damit aber wieder beginnen, sobald sie angefeuchtet werden. Den in den Zellen gebildeten, leuchtenden Stoff nennt Molisch Photogen. Für seine Annahme führt er die Beobachtungen Radziszewskis ins Feld, nach denen verschiedene organische Körper, z. B. Methylaldehyd, Lophin, Traubenzucker, Terpentinöl, Rosenöl, Ölsäure und viele andere, wenn sie sich in alkalischer Reaktion mit aktivem Sauerstoff verbinden, leuchten. „Damit soll nicht gesagt sein, daß es einer von den genannten Körpern sein muß, der auch in der lebenden Zelle leuchtet, denn es könnte auch ein ganz anderer, derzeit noch unbekannter Stoff leuchten; immerhin erscheint es von Wichtigkeit, daß überhaupt organische Körper unter gewissen Bedingungen leuchtend werden.“ In der Tatsache, daß auch tote Zellen und leblose Säfte zu leuchten vermögen, sieht Molisch einen weiteren Beweis für die Photogenhypothese. So sondert die Bohrmuschel, wenn sie gereizt wird, eine leuchtende Flüssigkeit ab, die gar keine Zellen enthält, getrocknet, kein Licht entsendet, aber noch nach zehn Tagen, wieder befeuchtet, von neuem leuchtet. Dasselbe gilt von den Leuchtorganen des Leuchtkäfers (Lampyris noctiluca), die sogar noch nach Jahresfrist, während welcher Zeit sie im luftleeren Raum aufbewahrt worden waren, nach Benetzung mit Wasser wieder aufleuchteten.

„In allen diesen Fällen handelt es sich nicht mehr um lebende Zellen. Hier handelt es sich um leblose Stoffe und in ihrem Aufleuchten um einen chemischen Prozeß, der auch unabhängig von der lebenden Zelle eintreten kann. Zwar ist die Entstehung des leuchtenden Körpers an das Leben der Pflanze oder des Tieres geknüpft, aber das Aufleuchten kann in manchen Fällen noch am toten Objekte hervorgerufen werden, ja, wenn das Photogen nicht ein gar so labiler Körper wäre und nicht in gar so geringen Mengen gebildet würde, dürften wir hoffen, das Photogen einmal aus den Zellen zu isolieren und dann abgesondert von den Lebewesen studieren zu können, etwa so, wie es bereits gelungen ist, den wirksamen Stoff der gärenden Hefe, die Zymase, von der Zelle zu trennen und den Gärungsprozeß ohne Hefezellen mit der Zymase durchzuführen.“

Während bei den leuchtenden Tieren die Lichtentwicklung im allgemeinen nur auf relativ kurze Zeit, auf Minuten oder Sekunden be-

Digitized by Google

schränkt ist und zumeist nur auf äußere Reize erfolgt, so daß das Licht einen blitz- oder funkenartigen Eindruck macht, leuchten die Pflanzen, wenn wir von den Peridineen absehen, stets andauernd. Bakterienkulturen leuchten tage-, wochen-, monatelang, ja, unter bestimmten Bedingungen sogar jahrelang ohne Unterbrechung Tag und Nacht, ebenso die Mycelien höherer Pilze, wenn für ausreichende Nahrung gesorgt wird.

Das andauernde Leuchten verschiedener Bakterienarten hat nun den Gedanken gezeitigt, dieses Licht in Form einer Lampe zu verwerten. Das Verdienst, eine solche Lampe als erster konstruiert zu haben, gebührt Dubois. Gelegentlich der Pariser Weltausstellung im Jahre 1900 beleuchtete er sogar einen Saal im optischen Palast mittels Bakterienlampen, Glasgefäßen, deren innere Oberflächen mit einer Gelatinelage ausgekleidet und mit Meeresleuchtbakterien geimpft waren. Unabhängig von Dubois hat auch Molisch eine Bakterienlampe (Fig. 6) konstruiert. Er benutzt für diese Zwecke die bekannten Erlenmeyerkolben von 1 bis 2 Liter Inhalt. Anfangs wurden die Innenwandungen dieser mit einer Salzpeptonglyzeringelatine überzogen, die mit Bacterium phosphoreum geimpft war; neuerdings hat Molisch der Gelatine anstatt einer 3 % Chlornatriumlösung Meerwasser zugesetzt und an Stelle der vorgenannten Bakterie eine andere, Bacillus lucifer (Pseudomonas lucifera) verwendet, die von ihm, wie schon gesagt, auf Seefischen aufgefunden worden ist und sich durch besondere Leuchtintensität auszeichnet. Schon das Licht der mittelst B. phosphoreum hergestellten Lampe gestattet, die Taschenuhr, die Skala des Thermometers abzulesen, groben Druck zu entziffern und das Gesicht einer Person auf 1 bis 2 m zu erkennen. Da nun die Leuchtkraft der zuletzt hergestellten Lampen eine erheblich stärkere ist, so erscheint es darnach nicht unmöglich, daß das Bakterienlicht zur Beleuchtung von solchen Räumen, in denen nur eine sehr mäßige Helligkeit erforderlich und wo eine mit Wärmeentwicklung verbundene Beleuchtung möglichst auszuschließen ist, wie z. B. in Pulvermagazinen, noch einmal praktische Bedeutung gewinnen dürfte. Vielleicht wird es in Zukunft gelingen, durch bestimmte Zusammensetzung des Nährsubstrats, durch

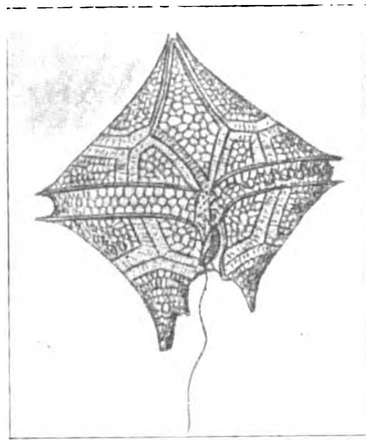


Fig. 5. Peridinium divergens Ehrenbg.
Stark vergrößert. (Nach Schütt.)

Digitized by Google

Entdeckung noch intensiver leuchtender Bakterien, sowie durch künstliche Zuchtwahl die Lichtstärke der Bakterienlampe zu steigern. Jedenfalls verwirklicht das Licht der Pflanzen das Ideal der Beleuchtungstechniker insofern, daß es ein kaltes Licht ist, das im Gegensatz z. B. zum Leuchtgaslicht kaum bemerkbare Wärmemengen ausstrahlt.

Begreiflicherweise hat das Pilzlicht auch verschiedene Forscher angeregt, die spektrale Zusammensetzung desselben zu untersuchen. Dabei hat sich als Resultat ergeben, daß die Spektra aller untersuchten Pilze wegen der relativ geringen Lichtstärke, mit Ausnahme desjenigen von Pseudomonas lucifera, bloße Helligkeitsspektra darstellen, also keine Farben zeigen. Im Spektrum von letzterem konnte man die Farben Grün, Blau und etwas Violett entdecken. Als vorherrschend dürften im Pilzlicht die grünen Strahlen zu bezeichnen sein. Auf die photographische Platte wirkt es wie gewöhnliches Tageslicht (Fig. 7 und 8); es vermag aber ebensowenig wie dieses undurchsichtige Körper zu durchdringen. Bei heliotropisch empfindenden Pflanzen ruft das Bakterienlicht, wie Molisch durch Experimente mittels Keimlingen der Linse, Sandwicke, Erbse und Mohn nachgewiesen hat, positiven Heliotropismus hervor (Fig. 9); es übt also neben chemischen auch physiologische Wirkungen aus.

Wenden wir uns nun der Frage zu, ob das Pilzlicht eine biologische Bedeutung besitzt? Hat es, wie das momentan auftretende Licht der Tiere, die dadurch wohl ihre Feinde erschrecken oder Beutetiere anlocken, auch für die betreffenden Pflanzen einen bestimmten Nutzen?

Für die Bakterien, die auf Fleisch, toten Seefischen usw. vorkommen, ist diese Frage schon vor längerer Zeit von Beijerink verneint worden. In der Luminiszenz dieser ein Mittel zu ihrer Verbreitung zu sehen, insofern nämlich, daß die vom Meere ausgeworfenen Seetiere, auf denen ja die Leuchtbakterien wuchern, dadurch leichter von Nachttieren bemerkt und verschleppt würden, scheint deswegen unberechtigt, da die Meeresströmungen, die Wogen und der Sand des Strandes dies in ausgiebigster Weise besorgen. Eine biologische Bedeutung dürfte darnach der Lichtentwicklung der Bakterien nicht zuzusprechen sein, und auch Molisch hält sie wie Beijerink lediglich für eine Konsequenz ihres Stoffwechsels.

Ob den höheren Pilzen durch die Lichtentwicklung irgend ein Vorteil erwächst, erscheint zweifelhaft, wennschon z. B. Kerner v. Marilaun dem zuneigt. „Am wahrscheinlichsten“, so schreibt er, „ist es, daß den Pilzmücken und Pilzkäfern, welche ihre Eier in die Mycelien und Sporenträger der Hymenomyceten (Hutpilze) legen und die mit der Verbreitung der Sporen in Zusammenhang stehen, in der dunklen Nacht der Weg gezeigt wird. Viele dieser Mücken und Käferchen fliegen nur bei Nacht

Digitized by Google

und wenden sich, wie so viele geflügelte Nachttiere, bei ihrem Fluge leuchtenden Gegenständen zu. Es wäre nun immerhin möglich, daß das von den genannten Blätterschwämmen ausgehende Licht als Anlockungsmittel und Wegweiser für die genannten, in der Nacht fliegenden Insekten dient, ähnlich, wie der Geruch und die lebhafte Farbe anderer Hymenomyceten für jene Pilzfliegen und Pilzkäfer, welche am hellen Tage schwärmen."

Diese Annahme Kerners ist in vieler Hinsicht angreifbar; ist es doch z. B. nicht verständlich, warum beim Hallimasch der Fruchtkörper, der doch die Sporen trägt und den Insekten zugänglich ist, nicht leuchtet, während das Mycel, das unter der Rinde und im Holze wuchert, also von den Insekten gar nicht gesehen wird, Licht entwickelt. Und würde nicht, wenn das Licht tatsächlich den Zweck hat, Insekten anzulocken, auch so manches derselben angelockt, das den Pilz ohne weiteres fressen und somit gerade zu seinem Untergange beitragen würde? „Mir will scheinen", so bemerkt hierzu Molisch, „daß man heute mit der biologischen Deutung mancher Erscheinungen des Pflanzenlebens in gewissen Punkten über das Ziel hinausschießt und in dem Streben, um jeden Preis eine teleologische Deutung zu finden, sich in allzu gewagte Spekulationen einläßt. So wie leblose Körper gewisse Eigenschaften aufweisen und wir nicht im entferntesten daran denken, daß diese Eigenschaften einen „Zweck" haben, so kann auch das ungleich kompliziertere Lebewesen einfach infolge seiner Konstruktion oder seines Stoffwechsels gewisse Eigenschaften erhalten, die sich als notwendige Konsequenzen der inneren

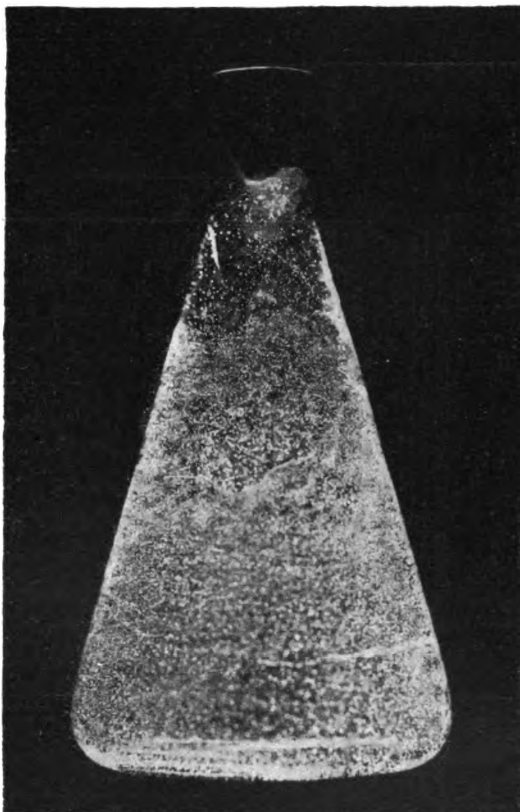


Fig. 6. Bakterienlampe in ihrem eigenen Licht photographiert.
(Nach Molisch.)

Digitized by Google

Einrichtung ergeben. Weit entfernt davon, der biologischen Erklärung entgegentreten zu wollen, möchte ich nur vor Übertreibungen warnen und betonen, daß wir derzeit keine plausible Erklärung der Pilzluminiszenz zu geben vermögen, wahrscheinlich weil sie eine zufällige Konsequenz des Stoffwechsels der Photomyceten ist."

Wir dürfen nun unsern Überblick über die leuchtenden Pflanzen nicht schließen, ohne des Leuchtmooses sowie des angeblichen Leuchtens verschiedener Blütenpflanzen Erwähnung zu tun. Beide Erscheinungen haben mit dem vorbesprochenen Leuchten der Pilze nichts gemein.

Man findet das Leuchtmoos hauptsächlich in unsern mitteldeutschen Gebirgen in Höhlen, die dadurch zum Teil eine gewisse Berühmtheit erlangt haben. In solchen Leuchtmooshöhlen leuchten die Wände im Hintergrunde in einem milden, prachtvoll goldgrünen Glanze, der den Schimmer der Seide übertrifft und dem phosphoreszierenden Leuchten des Johanniskäfers gleichkommt. Nicht die entwickelte Pflanze ist es, die dieses Phänomen hervorruft, sondern ihr erstes Entwicklungsstadium, der sogenannte Vorkeim, der kaum 1 mm lang ist. Ihm ist die Aufgabe zugewiesen, das spärliche Licht der Höhle aufzusaugen, zu konzentrieren und für das Gedeihen der Pflanze nach bestem Vermögen auszunutzen. Von den horizontal über den Boden sich hinspinnenden, vielfach verzweigten Fäden des Vorkeims erheben sich zahlreiche Zweige, welche Gruppen aus traubenförmig geordneten, kugeligen Zellen tragen. Sämtliche Zellen einer Gruppe liegen in einer Ebene, und jede dieser steht senkrecht zu den durch die Mündung der Felskluft einfallenden Lichtstrahlen. Die einzelnen Zellgruppen sind bald länger, bald kürzer gestielt und so gestellt, daß sie einander möglichst wenig von dem in die Höhle einfallenden Licht wegnehmen. Jede der kugeligen Zellen enthält vier bis zehn Chlorophyllkörner, die, mosaikartig gruppiert, dem dunklen Hintergrunde der Felskluft zugewendet sind; der sonstige Inhalt der Zellen ist wie ihre Wandungen farblos und durchsichtig. Die Lichtstrahlen, die nun auf diese Zellen auffallen, werden wie durch eine Linse zu einem Lichtkegel vereinigt, der die Hinterwand der Zelle gerade da trifft, wo die Chlorophyllkörner liegen. Diese erhalten daher in dem düsteren Raume der Höhle noch eine Lichtmenge, welche zu der ihnen gestellten Aufgabe, zum Assimilieren, vollständig ausreicht. Ein Teil der gebrochenen Lichtstrahlen wird nun von dem hinteren Wandbelag wie von einem Hohlspiegel zurückgeworfen, und dieser Teil ist es, welcher uns die Zellen des Vorkeimes leuchtend erscheinen läßt. Das Moos leuchtet also nicht mit eigenem Lichte; es handelt sich bei dem Leuchten des Vorkeimes vielmehr lediglich um Reflexerscheinungen. Wie nützlich aber für die Funktionen des Blattgrüns diese hier geschilderte Einrichtung

Digitized by Google

ist, bedarf wohl keiner weiteren Erörterung. Übrigens beruht auch das sogenannte Leuchten einzelner Meeresalgen, soweit es sich dabei nicht um eine Lichtentwicklung handelt, die von Tieren herrührt, die auf ihnen leben, im wesentlichen auf derselben Einrichtung.

Was nun das Leuchten höherer Pflanzen anbetrifft, so hat schon Konrad Geßner, der bekannte Naturforscher des 16. Jahrhunderts, eine ganze Reihe solcher aufgeführt und sie wegen ihres angeblichen Leuchtens



Fig. 7. Photographie einer Schillerbüste im Bakterienlichte.
(Nach Molisch.)

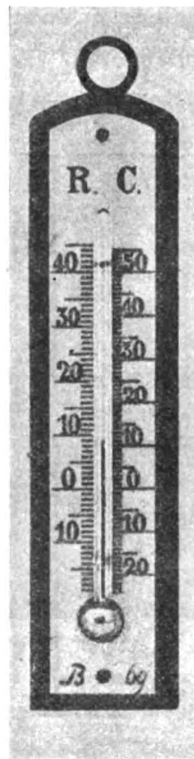


Fig. 8. Photographie eines Thermometers im Bakterienlichte.
(Nach Molisch.)

in der Nacht Mondpflanzen genannt; er gesteht aber zu, niemals bei einer derselben diese Erscheinung beobachtet zu haben. Mehr Gewicht ist einer Mitteilung beizulegen, nach der eine Tochter Linnés 1762 im Garten ihres Vaters an einem gewitterschwülen Abend ein blitzartiges Aufleuchten der feuergelben Blüten der Kapuzinerkresse, Tropaeolum majus, wahrgenommen hat. Eine Erklärung für diese Erscheinung hat sie in der diesbezüglichen Abhandlung nicht gegeben, doch vermutet Wilke, der dieselbe mit einem Zusatz versehen hat, daß dies Phänomen der überall

Digitized by Google

verbreiteten elektrischen Materie zuzuschreiben sei. Ähnliche Beobachtungen sind während des folgenden Jahrhunderts angeblich von verschiedenen Forschern auch an anderen Blumen, so an der Ringelblume, der Feuerlilie, der Sammetblume und der Sonnenrose, vor allem aber am orientalischen Mohn gemacht worden, ohne daß aber nur einer der Beobachter versucht hat, die Ursache experimentell zu ergründen. Diese Lücke auszufüllen hat sich nun Molisch angelegen sein lassen. Um zunächst die erwähnte Lichterscheinung kennen zu lernen, hat er eine Reihe von Jahren hindurch ganze Beete mit den obengenannten Pflanzen gezogen, aber trotz sorgfältigster Beobachtung sowohl bei klarem wie bei

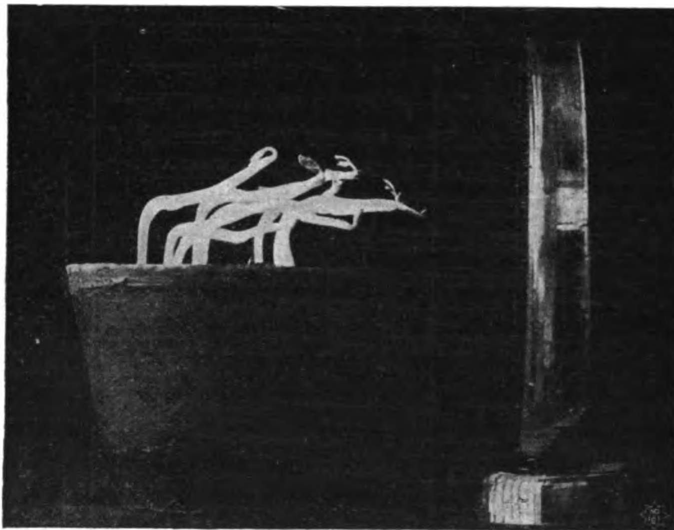


Fig. 9.
Positiver Heliotropismus von Erbsenkeimlingen, hervorgerufen durch das Licht mehrerer leuchtender, in einer Petrischale befindlicher Strichkulturen von Bacterium phosphoreum. Alle Keimlinge erscheinen zum Bakteriumlichte hingekrümmt.

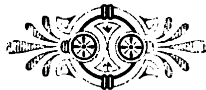
trübem oder gewitterschwülem Wetter ist es ihm niemals gelungen, auch nur irgend eine Spur einer Lichterscheinung wahrzunehmen. Dagegen ist es ihm auf experimentellem Wege gelungen, dieselbe künstlich hervorzurufen. Wird nämlich ein im Blumentopf, und zwar in ziemlich trockener Erde befindliches Exemplar der Kapuzinerkresse behufs Isolierung auf ein umgestülptes Becherglas gestellt und die Pflanze sodann mittels einer kleinen Elektrisiermaschine geladen, so sieht man hauptsächlich von den Blüten Funken und Lichtbüschel von kurzer Dauer ausstrahlen und hervorspringen. Demzufolge durfte Molisch mit Recht den Schluß ziehen, daß das Blitzen der Blüten nicht ein biologischer, sondern ein physikalischer Vorgang sei, wie er sich beim St. Elmsfeuer

Digitized by Google

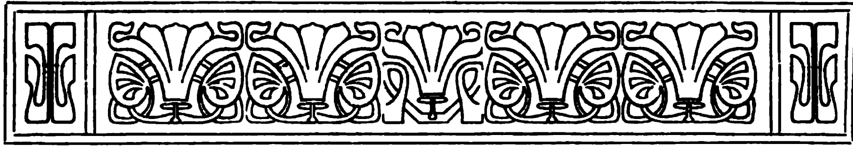
auch an den verschiedensten leblosen Gegenständen offenbaren kann. Prof. v. Tubeuf hat diese Erklärung ganz neuerdings durch seine Versuche, die er mit Eschen, Lärchen und Fichten anstellte, bestätigt. Die Versuchspflanzen wurden mittelst einer Influenzmaschine geladen. Wurde dann ein an dem anderen Konduktor der Maschine befestigter Draht in ihre Nähe gebracht, so strömte die Elektrizität sichtbar aus und zwar die positive in Form eines Lichtbüschels, die negative als reizende kleine Lichtperlen an den Spitzen der Nadeln (Fig. 9). Eine Schädigung der Versuchspflanzen durch diese stillen Entladungen konnte zwar nicht nachgewiesen werden, doch schließt dies nicht aus, daß die Elmsfeuer der Natur, tausendmal intensiver als der schwache Funke im Laboratorium, dennoch ein Kränkeln der Pflanzen nach sich ziehen.

Unstreitig ist das Kapitel „Leuchtende Pflanzen" eines der interessantesten aus dem großen Buche der Natur. Durch das fremdartige, geheimnisvolle Licht, das diese Pflanzen ausstrahlen, haben sie seit undenklichen Zeiten die Aufmerksamkeit der Menschen erregt; die letzten Jahrzehnte aber sind es erst gewesen, die uns im wesentlichen Aufklärung über dies eigenartige Phänomen gebracht haben. Aber wenn auch viele Fragen, die die leuchtenden Pflanzen betreffen, durch die sorgfältigen Untersuchungen von Ludwig, Pflüger, Fischer, Dubois, Beijerink, Molisch u. a. geklärt sind, so harren andererseits doch noch manche ihrer Lösung, sind der Erkenntnis menschlichen Forschens bisher verschlossen geblieben, denn nur langsam läßt die Natur sich ihres Schleiers berauben.*)

*) Ein Teil der Klischees dieses Aufsatzes ist vom Selbstverlag des „Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse zu Wien" bereitwilligst zur Verfügung gestellt worden.



Digitized by Google



Die Anfänge des Dampfschiffs.

Von Dr. **Rich. Hennig** in Berlin.

Der Sommer und Herbst dieses Jahres brachten, wie durch zahlreiche Jubiläumsaufsätze der Tagespresse bereits bekannt geworden sein dürfte, zwei für die Geschichte der Dampfschiffahrt höchst bedeutsame Säkular-Gedenktage, von denen der eine, der 17. August, der im Jahre 1807 Robert Fultons entscheidende erste Dampfschiffahrt auf dem Hudson brachte, in jedem Fall als der 100. Geburtstag des modernen Dampfschiffsverkehrs angesehen werden darf, während der andere, der 24. September, die zweihundertjährige Wiederkehr des Tages brachte, an dem Denis Papin seine von der Sage zur ersten Dampfschiffahrt der Welt gestempelte, berühmte Fahrt auf der Fulda von Kassel nach Münden zurücklegte. Haben auch neuere Forschungen den sicheren Nachweis erbracht, daß Papins Fahrt vom 24. September 1707, die am nächsten Tag in Münden infolge der Zerstörung des Fahrzeugs durch rohe Flußschiffer ein jähes Ende fand, nicht auf einem mit Dampf, sondern mit Menschenkraft betriebenen Schiff stattfand, so darf sie doch in der Geschichte der Dampfschiffahrt einen hervorragenden Platz beanspruchen, nicht nur weil sie irrtümlich lange Jahrzehnte hindurch als erste Dampfschiffahrt der Welt galt, sondern auch deswegen, weil sie unter glücklicheren äußeren Umständen allerdings vielleicht den Anstoß zur Erfindung des Dampfschiffs gegeben hätte, dessen Wesen Papin mit dem geistigen Auge tatsächlich schon bewunderungswürdig klar und richtig erkannt hatte.

Das hinter uns liegende Doppeljubiläum mag es gerechtfertigt erscheinen lassen, auf die historischen Tatsachen, welche den Anfang des Dampfschiffsverkehrs bilden, einen Rückblick zu werfen, um so mehr als gerade dieser Zweig des Verkehrswesens und der Technik in ungewöhnlich ergiebigem Maße vom verdunkelnden Gerank der Legende und des Gerüchts umwuchert wird. Nicht nur in den für den Tag bestimmten Jubiläumsaufsätzen der Zeitungen, sondern auch in Abhandlungen und Nachschlagewerken, die dauernden Wert beanspruchen, findet man die

Digitized by Google

widersprechendsten Angaben über die ersten Bemühungen der Menschheit um die Schaffung eines mit Dampf betriebenen Schiffes und insbesondere über Papins Fahrt auf der Fulda.

Die ersten klaren Ideen, daß es mit Hilfe der Dampfkraft möglich sein müsse, sowohl Wasser zu heben, als auch Schiffe zu bewegen, finden wir schon vor Papin mehrfach im 17. Jahrhundert ausgesprochen, jedoch nicht früher als 1615. Man hat zwar gesagt, daß schon Herons alte Ideen, konsequent weiterentwickelt, eine Benutzung der Dampfkraft in primitiver Weise hätten ermöglichen müssen — das mag stimmen, doch ist trotzdem nicht zu leugnen, daß der Gedanke als solcher im Altertum und im Mittelalter tatsächlich niemals konzipiert worden ist. Der erste, dem man nachsagt, er „solle" die Möglichkeit ins Auge gefaßt haben, Schiffe mit Hilfe von Dampf fortzubewegen, war der große Leonardo da Vinci. Zuzutrauen wäre diesem einzig gewaltigen Universalgenie eine solche theoretische Erfindung durchaus — der Nachweis dafür läßt sich jedoch nicht erbringen.

Lange Zeit hindurch wurde behauptet, die Anfänge der Dampfschiffahrt fielen ins Jahr 1543, und noch bis auf unsere Zeit findet man diese Angabe nicht selten in Aufsätzen und Büchern vertreten, obwohl ihre Unrichtigkeit bereits vor einem halben Jahrhundert nachgewiesen worden ist. Im Jahre 1825 veröffentlichte nämlich der Spanier Thomas Gonzales ein Werk, worin er behauptete, in den königlichen Archiven von Simancas lägen Dokumente, denen zufolge ein gewisser Blasco de Garay am 17. Juni 1543 im Hafen von Barcelona vor Kaiser Karl V. und allen Großen des spanischen Hofes mit Hilfe der Dampfkraft ein Schiff mehrere Meilen weit fortbewegt habe. Garay, der als blutjunger Bursche ein Teilnehmer an des Columbus erster Amerikafahrt gewesen war, sollte damals seine Erfindung auf kaiserlichen Befehl an einem gerade in den Hafen einlaufenden Schiff, namens „La Trinidad", erproben. Der Kapitän des 209 tons fassenden Schiffes, Pedro de Scarza, raufte sich verzweifelt die Haare, denn er fürchtete nichts weniger, als daß sein Schiff verhext werden würde, doch mußte er sich dem Gebot des Kaisers fügen. Und als das Schiff, auf dem Garay allerhand seltsame Räder und eine querüber verlaufende, hölzerne Achse angebracht hatte, nun wirklich, durch eine geheimnisvolle Kraft getrieben, mehrere Meilen gegen den Wind anlief, sprang er, von Entsetzen gepackt, über Bord. Der Kaiser beauftragte seinen Schatzmeister, namens Ravago, mit einem Gutachten über die neue Erfindung, das aber angeblich sehr ungünstig gelautet haben soll, weil der Schatzmeister bei einer Besichtigung des Schiffes mit seinen weiten Pluderhosen einem Rad zu nahe kam, so daß seine Hose ein Loch erhielt, dem alsbald drei Scheffel Sägespäne ent-

Digitized by Google

quollen, die übliche Füllung der vornehmen Gewänder in [jener Zeit. Die Gestalt des unglücklichen Schatzmeisters schrumpfte infolgedessen in bedenklicher Weise zusammen, und wütend über die ihm durch die Maschine angetane Kränkung erklärte der Gutachter, die Erfindung sei keinen Pfifferling wert. Dennoch beschenkte der Kaiser den Erfinder mit 4000 Maravedis und machte ihn zum Ritter des Ordens der Taube von Kastilien. Aber Blasco de Garay, im Zorn über die Anfeindung, die seine Maschine erfuhr, und von Furcht ergriffen über die Stellungnahme der Dominikaner, die in seiner Erfindung Teufelswerk und in ihm selbst einen für den Scheiterhaufen reifen Zauberer witterten, zerschlug seinen Apparat und flüchtete in die Einöde von Montserrat, wo er 1555 hochbetagt als Einsiedler sein Leben beschloß.

Man hat wohl hier und da geäußert, die zerschlitzten Pluderhosen des spanischen Granden hätten vielleicht den Fortschritt der Kultur um ein Vierteljahrtausend aufgehalten. Diese Auffassung muß aber in jedem Fall als unzutreffend zurückgewiesen werden. Die Geschichte als solche, die sich zuerst in einem 1710 zu Madrid erschienenen Werke „Colleccion de los Viages“ findet, mag zwar in wesentlichen Zügen sicherlich zutreffen — die darauf bezüglichen Dokumente liegen tatsächlich im Archiv von Simancas —, aber gerade in dem für uns in Betracht kommenden Hauptpunkte, der Anwendung des Dampfes für die Fortbewegung des Schiffes, ist sie zweifellos Legende. Den Beweis hierfür erbrachte Mac Gregor, Esq., in einem am 14. April 1858 vor der Londoner „Society of Arts“ gehaltenen Vortrag. Mac Gregor hatte zur Klärung der Frage das Archiv in Simancas durchforscht und bei dieser Gelegenheit eine größere Anzahl von wichtigen Manuskripten und Zeichnungen gefunden, die z. T. von Garay selbst herrührten, so u. a. auch eine Eingabe Garays an Karl V., die am 6. Juli 1543, also erst nach dem Experiment im Hafen von Barcelona, abgefaßt worden war. Nirgends in diesen Dokumenten ist von einer Anwendung der Dampfkraft die Rede, und aus einer Originalzeichnung Garays geht ganz klar hervor, daß seine Erfindung lediglich in der Anwendung seitlicher Schaufelräder am Schiff bestand, die eine Fahrt auch gegen den Wind gestatteten, die aber durch Menschenkraft, nicht durch Dampf in Bewegung gesetzt wurden. Die Zeichnung zeigte auf einer Seite des Schiffs 25, auf der andern 40 Menschen, welche die seitlichen Schaufelräder in Tätigkeit versetzten. — Die Erfindung der seitlichen Schiffs-Schaufelräder rührte nicht von Garay her, sondern war in mannigfachen Variationen schon 1405 von Konrad Keyser, 1430 im Hussitenkodex, 1438 von Marianus Jacobus aus Siena und 1472 in des Robert Valturius zu Verona erschienenem Werk „De re militari“ ausgesprochen

Digitized by Google

worden. Garay hat lediglich diese Erfindung verwirklicht, die übrigens sogar schon im Jahre 263 v. Chr. Geb. von Appius Claudius im ersten Punischen Krieg benutzt worden sein soll, oder sie möglichenfalls selbständig und unabhängig nochmals gemacht — an eine Anwendung des Dampfes als Triebkraft dachte er jedoch keinesfalls, und noch viel weniger hat er im Hafen von Barcelona das erste Dampfschiff der Welt laufen lassen.

Der Gedanke, daß man mit Hilfe des Dampfes mechanische Arbeit müsse verrichten können, tauchte im 17. Jahrhundert mehrfach in verschiedenen Köpfen auf, wenn auch niemand die Bedeutung dieser Idee in allen ihren Konsequenzen so klar wie Papin erkannt haben mag. Fast immer finden wir die Vorschläge, Wasser mit Hilfe von Dampf emporzuheben, ein Schiff durch seitliche Schaufelräder vorwärts zu bewegen und schließlich den Dampf als Triebkraft solcher Schaufelräder zu benutzen, miteinander vereinigt. Die Idee, Wasser mit Hilfe der Dampfkraft emporzuheben, ist zuerst ausgesprochen worden in einem 1615 zu Frankfurt a. M. in französischer und deutscher Sprache erschienenen Werke des hochbedeutenden französischen Ingenieurs Salomon de Caus: „Les raisons des forces mouvantes avec diverses machines etc.". Ein gewisser David Ramsey nahm ferner am 21. Januar 1630 ein Patent auf eine Erfindung, die einerseits imstande sein sollte „to raise water from low pits by fire", andererseits „to make boats, shippes and barges to go strong wind and tides". In Sandersons Ausgabe von Rymers „Faedera" (Bd. XIX) wird dieser Tatsache Erwähnung getan.

Weiter ist uns ein überaus eigenartiger Brief erhalten, den Marion Delorme, die berühmte Courtisane und Freundin Richelieus, im Februar 1641 an einen Freund schrieb; der Empfänger, den sie mit Effiat und Henry anredet, war offenbar niemand anders als der berühmte, unglückliche Cinq-Mars, der am 12. September 1642 auf des allmächtigen Richelieu Befehl enthauptet wurde. Cinq-Mars war nämlich der zweite Sohn des Marschalls Marquis d'Effiat und hieß Henry mit Vornamen; auch stand er in sehr nahen Beziehungen zur Delorme, mit der er sogar heimlich vermählt gewesen sein soll. — In dem Briefe nun berichtet Marion Delorme von einem Ausflug nach Bicêtre, auf dem sie die Bekanntschaft eines in Gewahrsam gehaltenen Geisteskranken, Salomon de Caus, machte; dieser sei durch sein fortwährendes Schreien, er sei nicht verrückt und er habe der Welt eine große Erfindung geschenkt, aufgefallen. Auf Befragen erfuhr man, der Kranke behaupte eine Erfindung gemacht zu haben, die sich auf die Verwendung des Dampfes von kochendem Wasser zur Leistung von mechanischer Arbeit bezog und die u. a. auch „Schiffe mit Dampf in Bewegung setzen"

Digitized by Google

wollte. Marion Delorme erzählt weiter, daß ihr Begleiter, Lord Worcester, den Kranken aufgesucht und festgestellt habe, daß er neuerdings durch die vom Kardinal Richelieu verfügte Haft wirklich geistesgestört geworden sei. Nach dem Einblick in eine von dem Gefangenen verfaßte Schrift habe Lord Worcester bewundernd ausgerufen: „Er ist das größte Genie unserer Zeit."

Man weiß nicht recht, wer der unglückliche Erfinder gewesen ist, dessen furchtbar tragisches Geschick in dem Briefe der Delorme in halb scherzendem Plauderton in solcher Weise enthüllt wird. Trotz der Gleichheit des Namens kann der Gefangene mit dem oben genannten berühmten Salomon de Caus unmöglich identisch gewesen sein, obwohl von diesem das Gerücht ging, er sei geisteskrank in Bicêtre gestorben. Da aber dieser bekannte de Caus bereits 1626 gestorben war, ist es klar, daß der Gefangene, von dem Marion Delorme im Februar 1641 berichtet und der 1637 in Bicêtre eingesperrt worden war, ein anderer gewesen sein muß, vielleicht ein gleichnamiger Sohn, der des Vaters große Erfindung von 1615 in nicht minder genialer Weise weiterentwickelte.

Wer der Unglückliche aber auch gewesen ist, die Wirkung der vorstehenden Anekdote, die das Los des seiner Zeit vorauseilenden Erfinders mit so erschütternder Tragik schildert, wird darum nicht geringer. Und gerade die Geschichte der Dampfschiffahrt brachte, bevor der große Gedanke sich zur Wirklichkeit durchrang, noch eine ganze Anzahl von anderen unglücklichen Genies hervor, die groß genug waren, um der Welt neue Bahnen zu weisen, die aber, wie der arme de Caus, verkannt, verlacht und elend starben, weil ihre Zeit noch nicht reif war, ihres Geistes hohen Flug zu begreifen. Denis Papin war nach de Caus nur der erste von ihnen, nicht der einzige.

Noch vor Papin hatte die Entwicklung, die zur Schaffung des Dampfschiffs führen sollte, in England weitere Fortschritte gemacht. 1651 war in London eine anonyme Broschüre erschienen „Inventions of Engines of Motion lately brought to perfection", — die von einer Vorrichtung zur Fortbewegung von Schiffen gegen den Strom berichtete. Doch handelte es sich auch hier wieder nur um die Schaufelräder, und von der Dampfkraft war nicht die Rede. 1663 erschien des Marquis of Worcester bekanntes Werk: „A Century of the Names and Scantlings of Inventions," worin auch eine Maschine beschrieben wurde, die durch den Rückstoß von Dampf Wasser zu heben vermochte. Offenbar hatte die Begegnung mit Salomon de Caus den Marquis erst zu dieser Erfindung angeregt. Doch auch Worcesters Maschine existierte nur auf dem Papier und wurde praktisch nicht ausgeführt.

Digitized by Google

Der erste, der wirklich eine, wenn auch noch sehr primitive Dampfmaschine ausführte, war Papin. Zu Blois am 22. August 1647 geboren, hatte er bereits 1681 die erste Beschreibung seines Digestors, des Papinschen Topfes, veröffentlicht. Durch die Aufhebung des Edikts von Nantes 1685 aus seinem Vaterlande vertrieben, kam er nach Deutschland und wurde hier Professor der Mathematik an der Universität Marburg und Rat des Landgrafen von Hessen-Kassel. In Kassel entstand denn auch im Anfang der 90er Jahre die erste Dampfmaschine der Welt. Zu nennenswerten technischen Leistungen war sie freilich noch nicht fähig; das einzige, wozu sie Papin praktisch verwendet hat, war die Hebung von Wasser, wie Papin in einem vom 13. März 1704 datierten Brief an Leibniz ausdrücklich betont („Das einzige Experiment mit der Kraft des Dampfes, dessen Anstellung Monseigneur mir gestattet hat, war die Hebung von Wasser"). Auch unter günstigeren äußeren Umständen und bei nachdrücklicherer Unterstützung seines Landesherrn, dessen Verständnis für die geistige Größe seines Untertanen offenbar ein sehr geringes war, hätte Papin jedoch wohl schwerlich viel mehr erreicht. Die sehr mangelhafte Maschinentechnik jener Zeit gestattete nicht, die hochfliegenden Ideen des großen Gelehrten schon damals in die Wirklichkeit umzusetzen. Führten doch auch die etwa gleichzeitigen Bemühungen des Kapitäns Thomas Savary, der in England auf gleichem Gebiet arbeitete, zu keinem praktischen Erfolg. Savary nahm am 25. Juli 1698 ein Patent auf die Verwendung des Dampfes zur Hebung von Wasser und sprach noch im selben Jahr von den durch Menschenkraft bewegten seitlichen Schaufelrädern (paddle-wheels), dachte auch an die Benutzung des Dampfes zur Fortbewegung von Schiffen. Der gelegentlich geäußerte Verdacht, Papin könne seine Erfindungen von Savary übernommen haben, ist schon aus dem Grunde hinfällig, weil Papin die wichtigsten Einzelheiten seiner Ideen schon lange vor Savary publiziert hat. Auch hatte der geniale Papin derartige Entlehnungen wahrhaftig nicht nötig. Umgekehrt aber hat Gerland es ziemlich wahrscheinlich gemacht, daß Savary sich Papins Ideen, mindestens zum Teil, angeeignet hat. Theoretisch hat Papin mit seltener Klarheit des Blicks die Umwälzungen vorausgesehen, welche die Einführung der Dampfkraft in Technik und Verkehrswesen zur Folge haben mußte, die herbeizuführen seinem Wirken aber noch nicht beschieden war.

Schon 1690 sprach Papin aus, daß es mit Hilfe der Dampfkraft möglich sein werde, „gegen den Wind zu rudern, und wie sehr diese Kraft der der Galeerensklaven vorzuziehen wäre, um schnell zu segeln". In dem schon erwähnten Brief an Leibniz vom 13. März 1704 und in einem weiteren vom 7. Juli 1707 führt er diese Gedanken in mannig-

Digitized by Google

facher Weise weiter aus; so sagt er z. B. von seinem geplanten Dampfschiff:

„daß man ein Schiff machen kann, das eine größere Last tragen kann als eine Galeere mit 7 oder 8 Ruderreihen ohne Hilfe des Feuers, kurz, das schneller ist als die gewöhnlichen Galeeren mit 250 Mann".

Was nun Papins Fahrt auf der Fulda betrifft, die er im September 1707 ausführte und an die sich die Legende vom ersten Dampfschiff knüpfte, so ist darüber 1881 durch den von Gerland im Auftrag der Kgl. Preußischen Akademie der Wissenschaften veröffentlichten Briefwechsel zwischen Papin und Leibniz, der durch andere zeitgenössische Dokumente ergänzt wird, vollständige Klarheit geschaffen. Dennoch hat sich die Sage von Papins Dampfschiffahrt bis auf die Gegenwart unausrottbar erhalten und ist selbst z. B. noch in die neueste Auflage der sonst so zuverlässigen Konversationslexika von Meyer und Brockhaus übernommen worden (vgl. im „Meyer" den Artikel „Dampfschiff": „Papin fuhr 27. September 1707 mit einem von ihm angegebenen Ruderradschiff, wobei der Wasserdampf als bewegende Kraft benutzt wurde, auf der Fulda von Kassel nach Münden;" ähnlich auch im „Brockhaus"). Der Beweis, daß Papins auf der Fuldafahrt benutztes Schiff nicht durch Dampf fortbewegt wurde, liegt im Briefwechsel mit Leibniz klar zutage. Papin sagt wiederholt, er wolle zunächst nur das Prinzip der durch Menschenkraft bewegten seitlichen Schaufelräder erproben, um später, wenn er sein auf solche Weise fortbewegtes Schiff glücklich nach London geführt habe, den Dampf als treibende Kraft für die Seitenruder zu verwenden. Papin hatte die seitlichen Schaufelräder in England kennen gelernt, wo die zuerst von Valturius ausgesprochene Erfindung gerade damals durch den britischen Seehelden Prinzen Ruprecht von der Pfalz in größerem Maßstabe erprobt und mit Erfolg angewendet wurde. In einem Brief vom 13. März 1704 berichtet er dem Freunde, daß er mit dem Bau eines solchen Schiffes beschäftigt sei, und fügt hinzu:

„Ich habe es noch nicht darauf eingerichtet, daß die Dampfkraft dabei zur Anwendung kommt, denn es liegt nicht in meiner Art, allzuviele Sachen auf einmal in Angriff zu nehmen."

Am 7. Juli 1707 berichtet er dann dem Freunde, daß er auf eben diesem Schiff, „von dem ich Ihnen früher zu sprechen die Ehre hatte", die Fulda und Weser hinab nach England fahren wolle, und fährt dann fort:

„Man wird an diesem Modell sehen, daß es leicht sein wird, andere zu bauen, in denen die Dampfmaschine sich unschwer anwenden läßt."

Digitized by Google

Auch der zunächst nicht verständliche Grund, weshalb er eine solche doch nur vorbereitende Versuchsfahrt bis England ausdehnen und erst dort ein wirkliches Dampfschiff bauen wollte, geht aus diesem Brief hervor:

„Es ist wichtig, daß die neue Schiffskonstruktion in einem Seehafen wie London erprobt wird, wo man das Schiff tief genug bauen kann, um die neue Erfindung daran zu prüfen, die mit Hilfe des Dampfes ein oder zwei Menschen befähigen wird, mehr Kraft auszuüben als sonst 100 Bootsleute."

In dem gleichen Schreiben richtet Papin an Leibniz die Bitte, ihm von der kurfürstlich hannoverschen Regierung die Erlaubnis zu erwirken, bei Münden in die Weser einzufahren, was den von der Fulda kommenden Schiffen nicht ohne weiteres gestattet war. Leibniz richtete am 13. Juli die gewünschte Eingabe an die hannoversche Regierung, die hier, weil sie sich in Gerlands Buch nicht findet, nach dem im „Scientific American" vom 24. Februar 1877 (S. 120) nach den Originalen zuerst mitgeteilten Wortlaut in Übersetzung wiedergegeben sei:

„Dionysius Papin, Rat und Physiker Sr. Kgl. Hoheit des Landgrafen von Kassel und Professor der Mathematik in Marburg, beabsichtigt mit einem Schiff besonderer Konstruktion die Weser hinab nach Bremen zu fahren. Da er weiß, daß die von Kassel oder einem anderen Punkt der Fulda kommenden Schiffe nicht die Erlaubnis haben, in die Weser einzufahren, sondern in Münden umgeladen werden müssen, und da er deshalb einige Schwierigkeiten voraussieht, obwohl derartige Schiffe sich von dem seinigen, das keine Frachten aufnehmen soll, wesentlich unterscheiden, so bittet er untertänigst, daß ihm gnädigst die Erlaubnis gewährt werde, es möge seinem Schiffe gestattet werden, unbelästigt durch das Kurfürstliche Gebiet zu fahren, welche Bitte ich untertänigst übermittle.
G. W. Leibniz."

Am 18. Juli meldete Leibniz dem Freunde, daß er seinen Wunsch erfüllt habe. Leider aber lautete der am 25. Juli erfolgende Bescheid der hannoverschen Regierung schroff ablehnend:

„Die Kurfürstlichen Räte haben ernste Bedenken gefunden, obiger Petition Folge zu geben, und haben mich, ohne Angabe von Gründen, beauftragt, Sie von dieser Entscheidung und von der Tatsache, daß die Erlaubnis von Sr. Kurfürstl. Hoheit nicht gewährt worden ist, in Kenntnis zu setzen. H. Reiche."

Mit dieser Leistung kurzsichtiger Beamten-Kleinlichkeit war Papins Schicksal besiegelt. Wäre ihm die Erlaubnis gewährt worden — wer weiß, so hätte er vielleicht sein Schaufelradschiff wirklich nach Eng-

Digitized by Google

land geführt und dort, ermutigt von seinem Erfolg, geachtet und geehrt, sein geplantes Dampfschiff wirklich mit Unterstützung einflußreicher Freunde gebaut und damit die technische Entwicklung in einer unabsehbaren Weise beschleunigt. Wie die Dinge aber nun lagen, hat er, nachdem er alle Mittel erschöpft hatte, sein Schiff friedlich und unbelästigt auf die eine oder andere Weise in die Weser zu steuern, vermutlich versucht, im Widerstand gegen die auf ihr Schiffahrtsprivileg eifersüchtigen Mündener Bootsleute seinem Fahrzeuge mit Gewalt den Einlauf in die Weser zu erzwingen, und dabei wurde sein Schiff, das nicht nur eine kleine Versuchsfahrt bei Kassel glänzend bestanden hatte (vgl. Papins Brief an Leibniz vom 15. September 1707), sondern auch von Kassel nach Münden tadellos gelaufen war, von dem Schifferpöbel kurz und klein geschlagen und er selbst gefangen gesetzt, bis Leibniz, dem der Mündener Drost von Zeuner Mitteilung von dem Geschehenen machte, in Hannover seine Freilassung bewirkte.

Aus dieser Zeunerschen Mitteilung, die uns erhalten ist, geht auch das Datum von Papins Fahrt deutlich hervor, über das mannigfache Variationen verbreitet sind (7., 24., 25., 27. September 1707). Der Zeunersche Brief ist nämlich vom 27. September datiert und berichtet, daß „vorgestern" die bewußte Katastrophe stattgefunden habe. Hiernach steht es im Zusammenhang mit anderen authentischen Angaben unzweifelhaft fest, daß Papin am 24. September 1707 seine Fahrt von Kassel antrat und daß diese am 25. September in Münden ihr gewaltsames Ende fand.

Auch Papins weitere Schicksale sind großenteils in Dunkel gehüllt, und mannigfache widersprechende Angaben sind darüber verbreitet. Jedenfalls finden wir ihn 1708 in England; doch auch hier gelang es dem alten, durch sein Mißgeschick entmutigten Mann nicht, sich durchzusetzen, und einige Jahre später starb er in dürftigen Verhältnissen, von der Mitwelt unbeachtet und so vergessen, daß wir nicht einmal sein Todesjahr kennen. Wahrscheinlich starb er 1712, denn der letzte von ihm erhaltene und von Gerland mitgeteilte Brief ist vom 23. Januar 1712 datiert, so daß die weitverbreitete, auch von einer Autorität wie Matschoß (in der „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure" 1906, S. 1472) aufgenommene Angabe, er sei 1710 gestorben, in jedem Fall irrig ist.

Lange Jahrzehnte vergingen noch, ehe Papins Idee eines Dampfschiffs endlich verwirklicht wurde. Jonathan Hull nahm 1736 die Vorschläge Papins mit gewissen Modifikationen aufs neue auf; er erhielt am 21. Dezember 1736 ein Patent auf die Fortbewegung von Schiffen mit Hilfe der Dampfkraft und ließ im nächsten Jahre zu London

Digitized by Google

eine Broschüre erscheinen: „A description and draught of a new-invented machine for carrying vessels or ships out of, or inty any harbour, port, or river, against wind and time, or in a calm," die wegen der beigefügten Zeichnung eines schon recht modern anmutenden Dampfbootes besonders interessant ist: auf einem kleinen Kahn mit einem dampfenden Schornstein findet sich ein durch den Dampf betriebenes Räderwerk, dessen Umdrehungen sich auf ein hinter dem Boot ins Wasser ragendes Schaufelrad übertragen, wodurch ein großes Segelschiff, das mit dem Dampfboot durch ein Seil verbunden ist, vorwärts bewegt wird. Ähnlich dürfte die „machine feu" konstruiert gewesen sein, die der Kanonikus und Professor der Mathematik Gautoir 1752 der Königlichen Gesellschaft von Nancy und 1756 der Republik Venedig zur Fortbewegung von Schiffen vorschlug. — Einzelheiten über diese Idee sind nicht auf uns gekommen.

Erst um die Mitte der 70er Jahre des 18. Jahrhunderts finden wir die ersten, mehr oder weniger erfolgreichen Bemühungen zur Schaffung eines mit Dampf fortzubewegenden Schiffes, und zwar in Frankreich. Hier konstruierten 1774 Claude François Joseph d'Auxiron und 1775 Jacques Constantin Périer die ersten wirklichen Dampfboote; beide hatten freilich keinen praktischen Erfolg — Périers Boot konnte z. B. nicht stromaufwärts fahren —, dagegen gelang es bald darauf dem Marquis Claude de Jouffroy, der auch Périer zu seinen Versuchen angeregt hatte, die erste brauchbare Dampfschiff-Konstruktion der Welt zu schaffen. Nachdem er schon im Juni und Juli 1776 bei Baumes-les-Dames auf dem Doubs ohne eklatantes Ergebnis experimentiert hatte, fuhr er am 15. Juli 1783 von Lyon aus mit einem Dampfschiff stromaufwärts bis zu der eine Stunde entfernten Insel Barbe, in Gegenwart zahlreicher Zuschauer, u. a. auch der Mitglieder der Akademie von Lyon. Es war die erste großzügige Leistung auf dem Gebiet der Dampfschiffahrt! Trotz seines schönen Erfolges konnte Jouffroy aber nicht einmal erreichen, daß ihm ein Patent auf seine Erfindung erteilt wurde. Sein entsprechendes Gesuch um ein Patent auf 30 Jahre wurde auf Grund eines Gutachtens von Périer, der sich dabei offenbar von einem gewissen Neid gegen seinen erfolgreichen Nebenbuhler leiten ließ, am 31. Januar 1784 mit folgender Begründung abschlägig beschieden:

> „Es hat den Anschein, daß der in Lyon erbrachte Beweis die Bedingungen nicht hinreichend erfüllt hat."

Doch wurde ihm ein 15jähriges Patent in Aussicht gestellt, wenn er auf der Seine ein mit 3000 Zentnern beladenes Schiff mit Hilfe der Dampfkraft mehrere Meilen weit stromaufwärts fahren könne. De Jouffroy war mit diesem Anerbieten nicht zufrieden und verzichtete demgemäß auf eine Weiterverfolgung seiner Erfindung. Seine schöne Leistung von

Digitized by Google

1783 blieb daher vereinzelt, und seine Maschine wurde bald nach den großen Erfindungen James Watts von 1784 durch praktischere Konstruktionen der Engländer und Amerikaner überholt. Immerhin gebietet die Gerechtigkeit anzuerkennen, daß es der Marquis Claude de Jouffroy war, der 1783 die erste bedeutsame praktische Leistung in der Geschichte der Dampfschiffahrt vollbrachte. Ein dem seinigen durchaus ähnliches Schiff wurde von Fulton auf seiner entscheidenden Fahrt von 1807 benutzt.

Wenige Jahre nach 1783 wurden gleichzeitig in England und in den Vereinigten Staaten größere und dauerndere Erfolge errungen, die aber dennoch zunächst noch nicht imstande waren, dem Dampfschiff zu einer mehr als vorübergehenden, lokalen Bedeutung zu verhelfen. Noch immer war die Zeit für dies Verkehrsmittel nicht gekommen; die Welt sah vor ihren Augen höchst erstaunliche Leistungen von hoher technischer Vollkommenheit sich abspielen und ging dann doch achtlos und verständnislos an den Vorboten einer neuen Zeit vorüber. — Das Schicksal, das Salomon de Caus in Frankreich und Denis Papin in Deutschland betroffen hatte, verfolgte auch jetzt noch diejenigen, die der Idee des Dampfschiffs zum Siege verhelfen wollten, und schuf den genannten Unglücklichen selbst in so vorurteilslosen und von bureaukratischer Schwerfälligkeit freien Ländern wie Großbritannien und Nordamerika Leidensgenossen.

Im ersteren Land war es insbesondere der junge Schotte Symington, der es wohl verdient hätte, daß seiner Tüchtigkeit und seinem Wagemut die Sonne des Glücks freundlicher lächelte, als es tatsächlich geschah. Der Schullehrer Taylor hatte 1788 diesen jungen Ingenieur dem Bankier Patrick Miller zugeführt, der sich für das Dampfschiffwesen interessierte und Versuche auf diesem Gebiete finanziell zu unterstützen geneigt war. Symington baute mit Millers Geld ein Dampfboot und befuhr mit diesem am 14. Oktober 1788 den „Dalswinton Loch" genannten schottischen Landsee, nachdem schon 1787 ein Millersches Dampfboot vorübergehend auf dem Firth of Forth erschienen war. Die von Symington damals benutzte Maschine bildet noch heute eine Sehenswürdigkeit des Kensington-Museums in London. Obwohl Symingtons Fahrten einen vollen Erfolg bedeuteten, erlahmte Millers Interesse an der Sache jedoch bald, als durch ein Zerbrechen der Schaufelräder und andere kleine Unfälle die Ausgaben sich mehrten, ohne daß ein greifbares Resultat vorauszusehen war. Miller wollte schließlich kein Geld mehr hergeben, und Symington mußte infolgedessen weitere Fahrten einstellen. Erst zehn Jahre später konnte er seine Ideen wieder aufnehmen, als er den Lord Dundas kennen lernte, der ihm, nach einigen erfolg-

Digitized by Google

reichen Fahrten auf dem Forth- und Clydekanal, 1801 den Bau mehrerer Dampfer auftrug, um mit ihrer Hilfe den Verkehr auf dem genannten Kanal zu fördern. Symington baute daraufhin den Dampfer „Charlotte Dundas", der sechs englische Meilen in der Stunde fahren konnte und nach seiner im März 1802 erfolgten Indienststellung Kanalboote mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 3¼ Meilen schleppte. Trotz dieses vielverheißenden Anfangs scheiterten aber auch diese Bemühungen Symingtons, und zwar an der Unvernunft der Kanalgesellschaft, welche die weitere Benutzung von Dampfern auf dem Kanal verbot, weil angeblich durch ihren Wellenschlag die Kanalufer zu sehr beschädigt wurden! Und noch einmal schien Symington das Glück hold sein zu wollen, als ihm der Herzog von Bridgewater, dem Lord Dundas seinen Schützling empfohlen hatte, den Bau von acht Dampfbooten auftrug. Bevor jedoch Symington eines dieser Dampfboote fertigstellen konnte, starb der Herzog unglücklicherweise, und in der Folge bemühte sich der Erfinder vergeblich, vom Staat oder von reichen Privatleuten Mittel zur Verwirklichung seiner hochfliegenden Pläne zu erhalten. Um alle seine Hoffnungen betrogen, starb er 1831, und erst die Nachwelt erkannte seine hervorragenden Verdienste in würdiger Weise an.

Zur selben Zeit, wie in Großbritannien, waren auch in Amerika die ersten bedeutenderen Erfolge auf dem Gebiet der Dampfschiffahrt zu verzeichnen. Zwar arbeitete hier Oliver Evans schon in den 70er Jahren in dieser Richtung, jedoch in den ersten Jahrzehnten noch ohne nennenswerten Erfolg. Die erste bedeutende Leistung in Amerika wurde von Jonathan Fitch vollbracht, einem Uhrmacher aus Philadelphia, einem charakteristischen Vertreter jenes bekannten Typus ideal gesinnter Erfinder, die ihrer Idee ihre Arbeitskraft, ihr Vermögen und ihr Lebensglück opfern, ob sie auch darüber nur Enttäuschungen, Undank und Unverstand ernten. Fitch hatte bereits 1783 ein Patent auf ein Dampfschiff genommen und baute alsdann unter unsäglichen Mühen gemeinsam mit einem holländischen Uhrmacher Voight ein Dampfschiff, das Ruderräder, Schiffsschrauben und verschiedene andere Treibvorrichtungen in sich vereinigte. Eine Versuchsfahrt fand 1787 auf dem Schuylkill statt, doch platzte bei Burlington der Kessel. Mit seinem Dampfer „Perseverance" richtete Fitch alsdann 1788 regelmäßige Fahrten über 32 km auf dem Schuylkill ein und legte auf solche Weise insgesamt etwa 3500 bis 4500 km im Dampfschiff ohne weiteren Zwischenfall zurück. Trotz dieser zweifellos großartigen Leistung gelang es ihm nicht, sich und sein Werk durchzusetzen; weder in seinem Vaterland noch in England, wohin er sich gleichfalls wandte, fand er Verständnis für seine Ideen und pekuniäre Unterstützung; man hörte seine Prophe-

Digitized by Google

zeiung, daß das Dampfschiff nicht nur die großen Flüsse und Seen Amerikas, sondern selbst das Weltmeer erobern werde, und — tat den Phantasten mit einem Lächeln ab. Fitch, der auch in seinen Familienverhältnissen von schwerem Unglück verfolgt wurde, starb 1798, verbittert, mit sich und der Welt zerfallen, in tiefster Armut; aber wie fest er an seine Idee und ihren endlichen Sieg glaubte, zeigt sein erschütternder Ausspruch: „Es wird ein Tag kommen, wo ein Mächtigerer Ruhm und Reichtum ernten wird, aber jetzt will niemand glauben, daß der arme Jonathan Fitch etwas Beachtenswertes zu leisten vermag!"

Nicht viel besser erging es mehreren anderen amerikanischen Erfindern, die auf dem gleichen Gebiete, wie Fitch, arbeiteten. James Rumsey aus Berkeley Springs entwarf 1784 ein Modell zu einem Dampfboot, das u. a. auch von Washington besichtigt wurde, wie dieser dem Erfinder am 7. September 1784 ausdrücklich bescheinigte. Er konstruierte alsdann das erste sogenannte Prallschiff, das auch den Lokalverkehr auf dem Delaware zwischen Philadelphia und Burlington längere Zeit vermittelte; aus Mangel an Mitteln wurde aber auch er zur Einstellung dieser Fahrten und zum Verzicht auf eine weitere Verfolgung seiner Erfindung genötigt. Weitere Bemühungen um die Schaffung eines brauchbaren Dampfschiffs wurden von Kinsley, Roosevelt, John Cox Stevens und dem schon genannten Oliver Evans aufgewendet, von denen besonders die beiden letztgenannten Beachtung verdienen, indem sie seit 1804 bemerkenswerte Erfolge aufzuweisen hatten. Stevens schuf, nachdem er von 1791 bis 1804 volle 20000 Pfund vergeblich für seine Ideen ausgegeben hatte, zwei brauchbare Dampfboote, deren eines, „Phönix" genannt, dadurch historische Wichtigkeit erlangt hat, daß es 1808, also nach Fultons Fahrt, von Newyork nach Philadelphia fuhr und somit das erste Dampfschiff wurde, das sich aufs offene Meer hinauswagte. Evans hingegen konstruierte nach fast 30jähriger Vorarbeit 1804 den „Orukter Amphibolis", einen wunderlichen Prahm, der sich nicht nur auf dem Wasser, sondern auch auf dem Lande fortbewegen konnte und eine Dampfmaschine von 5 Pferdekräften besaß.

Wenn die letztgenannten amerikanischen Konstrukteure, insbesondere der tüchtige Stevens, es zu keinem nachhaltigen Erfolg brachten, während Fulton, dessen Verdienste an sich jedenfalls nicht größer als die seiner zahlreichen Vorgänger waren, den Siegespreis errang, so war daran nicht zum mindesten die Tatsache schuld, daß 1798 ein gewisser Livingstone das Monopol eines Dampfbootbetriebs im Staate Newyork für 20 Jahre erworben hatte; denn mit diesem Livingstone, der in den ersten Jahren seines Monopols nichts zu dessen Auswertung unter-

Digitized by Google

nehmen konnte, wurde Fulton in Paris bekannt, und dieser Bekanntschaft entsprang sein entscheidender Entschluß, das Feld seiner Tätigkeit von Europa nach seinem Vaterlande Amerika zu verlegen.

Robert Fulton, geboren 1765, stammte aus Little Britain in Pennsylvanien und war als junger Mensch nach Schottland gekommen, wo er des genialen Symington Dampfschiff kennen gelernt hatte. Alsbald arbeitete er, zunächst in Frankreich, auf dem gleichen Gebiet weiter. Der Konsul Bonaparte interessierte sich anfangs für Fultons Ideen, die er im Kriege gegen England erfolgreich verwerten zu können hoffte, und ließ sich mehrfach Bericht darüber erstatten. Am 8. August 1803 führte Fulton eine Aufsehen erregende, teilweis geglückte Fahrt mit einem Dampfschiff auf der Seine aus; als aber dieses Schiff auf einer zweiten Fahrt infolge zu leichter Bauart sank, wandte sich das Interesse der Menge und — verhängnisvollerweise! — auch die Gunst des ersten Konsuls von dem Unternehmen des Amerikaners ab, ja, der mißtrauische Napoleon verstieg sich jetzt zu dem ungerechten Urteil:

> „In allen Hauptstädten Europas treibt sich jederzeit eine Menge von Abenteurern und Projektemachern herum, welche jeder Regierung angebliche Entdeckungen anbieten, die nur in der erhitzten Einbildungskraft bestehen. Es sind Charlatane und Betrüger, welche lediglich Gelderpressungen vor Augen haben. Dieser Fulton ist einer von dieser Sorte. Sprechen Sie mir nie mehr von ihm."

Und dennoch wurde noch einmal zu Napoleon von Fulton gesprochen, und sein hartes Urteil über den „Charlatan und Betrüger" mag damals eine gründliche Wandlung erfahren haben! Als nämlich Napoleon 1815 auf dem „Bellerophont" seine letzte Fahrt nach Sankt Helena antrat, begegnete ihm ein englisches Dampfschiff, und auf seine Frage nach dem Verfertiger dieses wunderbaren Schiffes der Zukunft nannte man ihm den Namen: Robert Fulton — —

Fulton selbst hatte sich, nachdem Bonaparte ihm seine Gunst entzogen hatte, zunächst nach England, bald darauf aber in sein Vaterland zurückgezogen und baute nun hier mit Livingstones Unterstützung ein neues, vollkommeneres, 160 t großes, $40^1/_2$ m langes und $5^1/_2$ m breites Dampfschiff, den „Claremont", dem er eine 20pferdige Wattsche Dampfmaschine einfügte, und vollführte am 17. August 1807 mit diesem Fahrzeug eine angenehme, Aufsehen erregende Fahrt von Newyork nach Albany über 150 engl. Meilen in 32, auf der Rückfahrt sogar in nur 30 Stunden. Dieser Fahrt, die lediglich wiederholte, was in Frankreich, England und Amerika schon vorher oftmals geleistet worden war, war von dem launischen Geschick das Los beschieden, in genügend starkem Maße in weiten Kreisen des Publikums

Digitized by Google

als Sensation empfunden zu werden und somit den unheilvollen Bann zu brechen, der bisher jeden Erfolg der Dampfschiffe vereitelt hatte. Eine ungeheure Menschenmenge wohnte der bedeutungsvollen Fahrt als Augenzeuge bei. Die anfangs sehr skeptischen Zuschauer, die das Schiff bereits „Fultons Narrheit" getauft hatten und den Erfinder verhöhnten, gerieten, als das Schiff sich mit großem Lärm fauchend in Bewegung setzte, erst in Verwunderung, dann in Entzücken, und die Fahrt der „Claremont" bis Albany glich fast einem Triumphzuge. Auf den Schiffen, die dem Dampfer begegneten, sanken die Mannschaften entsetzt in die Knie und beteten, denn sie hielten das Rauch und Feuerfunken speiende Ungetüm für den leibhaftigen Gottseibeiuns oder doch mindestens für eines seiner Werkzeuge. Seit dem 7. Oktober 1807 fanden auf dem Hudson und bald auch auf vielen anderen wichtigen Flüssen und Seen im Gebiete der Union regelmäßige Dampfschiffahrten statt.

Fulton hatte dem Dampfschiff zum Triumph geholfen, weniger durch eignes Erfindergenie — denn die wichtigsten Bestandteile seines „Claremont" hatte er von europäischen Erfindern (Patrick Miller, Watt, Symington) übernommen — als durch beharrliche Ausdauer und durch die Gunst der äußeren Umstände, die ihm in den Schoß warfen, was sie einem Dutzend anderer Erfinder vorher versagt hatten. Einen rechten Lohn für seine große Tat trug aber auch er nicht davon. Zwar wurde ihm ein Patent zur alleinigen Benutzung der Dampfschiffe auf allen Flüssen der Vereinigten Staaten übertragen, aber er sah sich genötigt, dieses Privileg nach und nach für fast alle Flüsse gegen ein Spottgeld zu verkaufen, und am 24. Februar 1815 starb er, total verarmt, unter Hinterlassung einer Schuldenlast von 100 000 Dollar.

Ein Jahr vor seinem Tode war ihm der Bau eines eignen Kriegsdampfers vom Kongreß übertragen worden, doch erlebte er die Fertigstellung des Schiffes nicht mehr, das nach ihm „Fulton I" genannt wurde und in den zwanziger Jahren in die Luft flog. Dagegen hatte ein von ihm erbauter Flußdampfer Gelegenheit, im Kriege gegen England während der Schlacht von New Orleans (8. Januar 1815) tätig einzugreifen: er wurde somit zum ersten Kriegsdampfer der Welt. Die Zahl der Dampfschiffe in den Vereinigten Staaten betrug 1812 bereits 50; 1823 war die Zahl schon auf rund 300, 1839 auf 700 gestiegen.

In Europa wurden nach Symingtons und Fultons Fahrten die Versuche mit Dampfschiffen Ende Juli 1812 wieder aufgenommen, zunächst durch den Schotten Henry Bell, der in dem Seebad Helensburgh bei Glasgow eine Badeanstalt besaß und, um den Verkehr mit Glasgow zu verbessern, mit Hilfe eines seiner Badegäste, eines Maschinenbauers, ein Dampfschiff „Komet" baute. Dieser Dampfer vermittelte längere

Digitized by Google

Zeit den Verkehr auf dem Firth of Clyde zwischen Helensburgh, Greenock und Glasgow und erreichte bereits $7^1/_2$ Knoten Geschwindigkeit. Im gleichen Jahr ließ Robertson ein Dampfschiff zum erstenmal in Europa das offene Meer befahren, und nun, entstanden, seit 1813, in England allerorten zahlreiche Dampfer; 1815 gab es hier 20, 1823 schon 160 Dampfer.

Das erste Dampfschiff, das deutschen Boden berührte, war die englische „Lady of the Lake", die am 24. Juni 1816 in Hamburg einlief, nachdem bei Helgoland alle Hochseefischer vor dem dampfenden Ungetüm die Flucht ergriffen hatten. Wenige Tage später befuhr der erste Dampfer, die „Défiance", von Rotterdam her den Rhein und langte am 12. Juli 1816 in Köln an.

Mit der Notiz, daß das amerikanische Schiff „Savannah" die erste Fahrt über den Ozean zurücklegte, die am 26. Mai 1819 in Newyork angetreten wurde und binnen 25 Tage nach Liverpool führte, sei diese historische Übersicht über die Anfänge des Dampfschiffs abgeschlossen.

Blickt man auf diese geschichtliche Entwicklung bis zum wirklichen Aufkommen des Dampfschiffverkehrs zurück, so hat man fast den Eindruck, als rolle sich eine Schicksalstragödie ab, indem ohne Ausnahme alle Erfinder, die sich mit der Idee der Schiffsfortbewegung durch Dampfbetrieb befaßten, dazu verdammt waren, von Unglück aller Art verfolgt zu werden, ihre Hoffnungen scheitern zu sehen und oft genug im Elend, ja sogar in Wahnsinn zu enden. Selbst Fulton, der den Triumph seiner Idee erleben durfte, blieb, wie wir hörten, von diesem Verhängnis nicht verschont, und daß auch nach dem Siege des Dampfschiffs das alte Fatum seinen Gang weiter ging, beweist das Schicksal Ressels, des genialen österreichischen Erfinders der Schiffsschraube, der gleichfalls im Kampfe mit bureaukratischer Beschränktheit und mit den unglaublichsten Unglücksfällen den kürzeren ziehen mußte und um die Früchte seiner Erfindung betrogen wurde.

Aber nicht nur zu so traurigen Betrachtungen über das alte Thema der Erfindertragik soll das gegenwärtige Jubiläumsjahr Anlaß geben, sondern es darf uns auch mit Stolz und Freude erfüllen: 100 Jahre sind vergangen seit dem entscheidenden Ereignis, das dem Dampfschiff die Wege ebnete, und der heiße Kampf ums „blaue Band des Ozeans", der sich gerade in den letzten Monaten abspielte, ist der beste Beweis, wohin die noch immer fortschreitende Entwicklung geführt hat, und der deutlichste Beleg dafür, in wie hohem Maße das Dampfschiff dazu beigetragen hat, die Kontinente und die Nationen einander näher zu bringen!



Digitized by Google



β Arietis,

der nördliche der beiden nahe beisammenstehenden Widdersterne, β und γ, welche mit α das bekannte Dreieck der Widders ausmachen, ist im Jahr 1903 bei der Ausmessung von Platten, die Eberhard, Ludendorff und Scholz am photographischen Refraktor von 325 mm Öffnung in Potsdam exponiert hatten, von Vogel als spektroskopischer Doppelstern erkannt worden. Jetzt liegt eine ausführliche Bahnbestimmung für diesen Stern vor, die Ludendorff auf insgesamt 76 Platten gegründet hat, auf denen bis zum 4. März 1907 von ihm und den genannten Mitarbeitern das Spektrum von β Arietis photographiert worden war.

Die Bewegung des Sterns in der Gesichtslinie schwankt zwischen 59,1 Kilometer Entfernung in der Sekunde und 7,0 Kilometer Annäherung. Die Bewegung des Schwerpunkts erfolgt im Raume diesmal aber keineswegs mit ungefähr der mittleren Geschwindigkeit, sondern mit 0,6 Kilometer Annäherung, liegt also dem extremsten Werte der Annäherung sehr nahe. Es erklärt sich dies aus der ungewöhnlich großen Exzentrizität der vom sichtbaren Stern um den Schwerpunkt beschriebenen Bahn, die Ludendorff zu 0,88 fand. Wir können uns der Einfachheit halber vorstellen, daß die Sternbahn senkrecht gegen die Himmelssphäre liegt. β Arietis ist nun, wenn er letztere durchschneidet, also durch den aufsteigenden Knoten sich vom Auge direkt hinwegbewegt, zufällig zugleich nahe seinem Periastron, also der Schwerpunktsnähe; seine Bahngeschwindigkeit nimmt dann sogleich stark ab, und da sich die Bahnbewegung nun auch rasch krümmt, so daß sie senkrecht auf der Blickrichtung steht, so sinkt die Geschwindigkeit sehr schnell bereits in vier Tagen auf Null. Es sind dann schon die ersten 90 Grade wahrer Anomalie durchlaufen. Während der folgenden 90 nähert sich der Stern wieder mehr und mehr der Erde; aber die Bahnbewegung ist jetzt so langsam, daß namentlich im Apastron, das mit dem absteigenden Knoten nahe zusammenfällt, nur fünf Kilometer Annäherungsgeschwindigkeit

Digitized by Google

resultieren. Diese Annäherungsgeschwindigkeit wird im dritten Quadranten, wo der Stern innerhalb der Himmelssphäre fliegt, erst ganz allmählich wieder zu Null, weil auch hier der Stern sich noch sehr langsam bewegt; und erst im vierten Quadranten, wo der Stern sich dem Periastron zuwendet, nimmt die Entfernungsschwindigkeit rapide zu. Die ganze Bahn wird in 107 Tagen durchlaufen, und folgende Tabelle zeigt die Geschwindigkeiten für die nach dem Durchgang durch den aufsteigenden Knoten verflossenen Zeiten:

Tage	km	Tage	km	Tage	km	Tage	km
0	+ 59,0	5	— 2,4	55	— 4,1	100	+ 9,5
1	+ 26,1	15	— 6,0	65	— 3,1	102	+ 13,3
2	+ 8,3	25	— 6,0	75	— 1,7	104	+ 20,7
3	+ 2,4	35	— 5,6	85	+ 0,4	106	+ 42,3
4	— 0,7	45	— 4,9	95	+ 4,5	107	+ 59,0

Da die Unsicherheit der Messungen der Linien bei β Arietis — es wurden vorwiegend die Magnesiumlinie bei λ 4481 und die dritte Wasserstofflinie gemessen — relativ groß ist und bei einzelnen Platten bis zu ± 10 km geht, so hätten Platten aus der Zeit von 2 Tagen bis 100 Tagen nach dem Maximum die veränderliche Radialgeschwindigkeit kaum offenbaren können, da hier die Normalwerte sich um nicht mehr als die Unsicherheit einer Einzelmessung unterscheiden; man hätte auf eine konstante Bewegung von geringer Größe schließen müssen. Nur in den verbleibenden neun Tagen nimmt die Bewegung im Visionsradius derart große positive Werte an, daß an einer Umlaufsbewegung nicht zu zweifeln ist.

Ludendorff weist darauf hin, daß die Exzentrizität von 0,88 bei einem spektroskopischen Doppelstern noch nie beobachtet ist, daß bisher 0,55 der größte hierfür bei β Herculis gefundene Wert war, und daß überhaupt die Bahnen der spektroskopischen Doppelsterne meist geringe Abweichungen von der Kreisform zeigen. Die Exzentrizität 0,88 bedeutet, daß der Stern im Periastron 0,12, im Apastron aber 1,88 Bahnhalbmesser, also fast 16 mal so weit vom Schwerpunkt absteht. Die Bahngeschwindigkeiten stehen in demselben Mißverhältnis von 16 : 1.

Da nur der eine Stern im Spektrum sichtbar ist, so läßt sich über die Masse der Sterne nichts Bestimmtes sagen; sollten sie an Masse gleich sein, so würde jeder etwa $^1/_6$ so schwer sein wie die Sonne, wenn außerdem die Bahnebene wirklich senkrecht auf der Sphäre steht. Bei einer Neigung derselben würde dieses Massenverhältnis mit dem Cubus des Sinus des Neigungswinkels dividiert werden müssen, also sehr viel größer herauskommen. Damit würden die Sterne mehr der Sonne an Masse gleich werden.

Digitized by Google

Die jetzige Bahnbestimmung besitzt noch eine gewisse Unsicherheit, die erst behoben werden kann, wenn die Beobachtungen in der Nähe des Geschwindigkeitsmaximums künstlich gehäuft werden. Jedenfalls ist aber β Arietis einer der interessantesten spektroskopischen Doppelsterne.

R.



Riesenmeteore.

Durch die Tagespresse wurde vor kurzem gemeldet, daß der Dampfer „Cambrian" bei 42 Grad 5 Min. nördl. Breite und 5 Grad 10 Min. westlicher Länge beinahe das Opfer eines Riesenmeteors geworden wäre, der 40 Meter vom Schiff mit ungeheurer Geschwindigkeit und unter Entwicklung heißer, beißender Gase ins Meer stürzte. Der dritte Offizier, welcher gerade Wache hatte, schildert den Vorfall und schätzt die Größe des heruntergegangenen Meteors auf die eines großen Wohnhauses.

Wenn auch gewiß ist, daß bei der Schnelligkeit des Fluges der himmlischen Eindringlinge eine optische Täuschung ziemlich sicher ist und die glühende Masse infolge des blendenden Lichtstreifens leicht überschätzt wird, so ist doch das Herabkommen von Meteoriten in solcher Größe nicht in das Gebiet der Unmöglichkeit zu rechnen. Die wissenschaftliche Beobachtung, Erforschung und Sammlung von Meteoriten ist ein noch junger Zweig geologischer Wissenschaft, aber soweit bis jetzt sichere Resultate und Messungen vorliegen, sind darunter ganz gewaltige Gesellen gewesen, die, wenn sie auf Lebendes oder Bewohntes herabgegangen wären, bedeutende Verwüstungen angerichtet hätten.

Glücklicherweise oder leider — wie man auch vom wissenschaftlichen Standpunkt aus sagen kann — gehen die meisten Meteoriten in abgelegenen, fernen Gegenden nieder, und die meisten fallen, wie das bei der Ausdehnung der Wasserfläche auf Erden nicht anders sein kann, ins Meer. Die überwiegende Anzahl gefundener Meteorite sind sog. Meteorsteine, d. h. ihre Hauptmasse besteht aus kieseligem Gestein mit geringfügigen Beimischungen von Eisen, während die andere Art als Meteoreisen gerade umgekehrt als Hauptbestandteil Eisen enthält. Die letzteren sind naturgemäß die schwereren, die Meteorsteine die umfangreicheren. Von verschiedenen Forschern werden sogar glasartige Massen, sog. Moldavite, zu den Meteoriten gerechnet, doch ist ihr Ursprung nicht ganz gesichert.

Man kann sich einen Begriff von den herabkommenden Massen machen, wenn man von einigen besonders auffallenden Meteoriten die Gewichte betrachtet. Im Jahre 1866 ging in Ungarn ein Weltkörper von

Digitized by Google

250 kg nieder, 1888 in St. Geneviere, Miss., einer von 244,5 kg, 1899 fiel in Borgo, Finnland, in Gegenwart von Augenzeugen ein glühender Stein von 325 kg aus der Luft. Was wollen aber diese gewiß nicht kleinen Wurfgeschosse gegen herabgekommene Meteoriten besagen, deren Gewichte in die Zehntausende von Kilo gehen. Alle Meteoriten werden der Einfachheit halber nach den Fundstätten benannt. Ein prachtvoller Fund, besonders auch wegen seiner Struktur, war 1902 der Willamette Oregon mit 13500 kg Gewicht. Die Berliner Sammlung der Universität besitzt von diesem Koloß ein Stück von 1 kg. An Gewicht wird dieser Meteorit aber noch übertroffen von Campo del Ciele (Tucuman) 15000 kg, Chupaderos (zwei Stücke) 20880 kg, Cape York ca. 40000 kg und Ranchito ca. 50000 kg. Der am 12. Februar 1900 heruntergegangene Porto Alegre maß 26 m in der Höhe und 17 m im Durchmesser.

Oft kommt es vor, daß Steinmeteorite bei Berührung der irdischen Atmosphäre und infolge der eingeschlossenen Gase in zahllose Stücke zerspringen. So zählte man im Jahre 1869 bei Hessle, Schweden, an 500 Teile eines Meteoriten, der in Stücke von 0,06 bis 1800 g zerplatzt war. In Klausenburg (Siebenbürgen) konnte der zurzeit größte Niedergang eines gesprengten Weltkörpers beobachtet werden, dessen Bestandteile sich über eine fast 25 km breite Fläche verteilten. Man zählte nahezu an 100000 Stücke von 0,1 g bis zum Gewicht von 35 kg.

Die größte wissenschaftliche Sammlung befindet sich in Wien, doch kann auch die Meteoritensammlung der Königl. Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin sich sehen lassen. Wir besitzen jetzt eine Sammlung von 470 Fall- und Fundorten mit zusammen ca. 250 kg Gewicht, so daß auf den Fundort im Durchschnitt etwa 500 g Gewicht kommen. Die meisten Fundstücke verdankt die Universität dem Chicagoer Geologen Ward, dessen Sammlung mit 603 Vorkommen wohl die größte Privatsammlung der Welt ist. P. R.



Über den Durchgang der β-Strahlen des Aktiniums durch Materie.

(Von der 79. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte, Dresden, 15. bis 21. September 1907.)

Herr Heinrich Willy Schmidt in Gießen beschäftigt sich seit längerer Zeit mit Untersuchungen, welche den Durchgang der β-Strahlen durch Materie zum Gegenstande haben. Die Versuche, von denen Herr Schmidt auf der Dresdener Naturforscherversammlung Mitteilung machte, schließen sich eng an die früheren an, so daß es für das Ver-

Digitized by Google

ständnis erforderlich wird, in diesem Berichte über den Dresdener Vortrag auch die älteren Arbeiten des Herrn Schmidt zu streifen. Für den Durchgang von β-Strahlgruppen durch Materie war experimentell ein Exponentialgesetz gefunden worden. Bezeichnet man nämlich mit I_0 und I_d die Strahlungsintensitäten nach Durchstrahlung der Schichtdicke 0 bzw. d der Materie, mit ν eine Konstante, den sogenannten „Absorptionskoeffizienten", und bedeutet endlich e die Basis der natürlichen Logarithmen, so ergibt sich die Formel:

(1) $$I_d = I_0 \, . \, e^{-\nu d}$$

ν ist hiernach ein Maß für die Durchdringungsfähigkeit der β-Teilchen, und diese kann bei einer gegebenen Materie nur von der Geschwindigkeit der β-Teilchen abhängen. Aus der Unabhängigkeit der Größe ν von d — wenigstens innerhalb gewisser Grenzen — ergab sich somit die Folgerung, daß die β-Strahlen beim Durchgang durch Materie keinen oder einen nicht nachweisbaren Geschwindigkeitsverlust erleiden. Versuche mit Ra E und Ur X, die dazu dienen sollten, diesen Schluß, oder vielmehr die Gültigkeit des genannten Exponentialgesetzes, innerhalb sehr weiter Grenzen experimentell zu bekräftigen — diese Versuche ergaben nun eine tatsächliche Zunahme von ν mit wachsendem d, doch ist noch unentschieden, ob diese Änderung von ν auf einem Geschwindigkeitsverlust der Strahlen beruht oder durch Nebenerscheinungen vorgetäuscht wird.

Diese Versuche ließen stets eine Eigenschaft der β-Strahlen erkennen, die Herr Schmidt als „Streuung" bezeichnet. Sie äußert sich darin, daß von der Vorder- und Rückseite einer in den Gang eines β-Strahlenbündels gebrachten Platte nach allen Richtungen β-Strahlen ausgehen. Diese Strahlung, welche von englischen Forschern als „Sekundärstrahlung" bezeichnet wird, spricht Herr Schmidt als „zerstreute Primärstrahlung" an. Herr Schmidt sieht nämlich in den schräg wegfliegenden Teilchen solche Teilchen des ursprünglichen Strahlenbündels, die durch die Wechselwirkung zwischen feststehender Materie und bewegten Elektronen aus ihrer ursprünglichen Bahn abgelenkt sind. Diese Ablenkung kann für einzelne Teilchen so groß werden, daß sie zu einer vollständigen Richtungsumkehr wird, daß wir es also gleichsam mit einer „Reflexion" der Strahlen von der getroffenen Platte zu tun haben. Nun muß bei der Berechnung der Energieabsorption während des Durchgangs aus I_0 und I_d sicherlich auch diese Reflexion berücksichtigt werden, und somit ergibt sich, daß ν nicht sowohl ein Maß für die absorbierte Strahlung ist, als vielmehr ein Maß für die absorbierte und die reflektierte Strahlung. Unter gewissen vereinfachenden Voraussetzungen, auf die

Digitized by Google

hier ebensowenig im einzelnen eingegangen werden kann wie auf die darauf sich gründenden Rechnungen, ergeben sich nun gewisse einfache Gesetze, die den entsprechenden optischen Gesetzen analog sind. Es sei nämlich α der „wahre Absorptionskoeffizient" der Strahlung beim Durchgang durch die Materie, β der „Reflexionskoeffizient", ρ die reflektierte, δ die hindurchgehende Strahlungsenergie, x die durchstrahlte Schichtdicke, μ und p zwei Konstanten. Dann ergeben sich die Gleichungen:

(2) $$\rho = \frac{p\,(1 - e^{-2\mu x})}{1 - p^2\, e^{-2\mu x}},$$

(3) $$\delta = \frac{e^{-2\mu x}}{1 - p^2 \,.\, e^{-2\mu x}}\,(1 - p^2)$$

(4) $$\alpha = \mu\,\frac{1 - p}{1 + p}$$

(5) $$\beta = 2\mu\,\frac{p}{1 - p^2}\,.$$

Die Konstanten μ und p sind experimentell leicht zu ermitteln. Für unendlich großes x wird nämlich nach Gleichung (2)

$$\rho = p,$$

demnach ist p der von einer sehr dicken Platte reflektierte Teil der einfallenden Strahlungsintensität. Da p immer kleiner als 1 sein muß, geht für nicht zu kleine x die Gleichung (3) über in:

(6) $$\delta = (1 - p^2)\,^{-2\mu x},$$

also ist für große x die Konstante μ mit der Konstanten ν in Gleichung (1) identisch. Da μ bzw. ν, wie ausgeführt, nicht die absorbierte, sondern die absorbierte und reflektierte, also die in einer bestimmten Richtung verlorene Strahlung mißt, so schlägt Herr Schmidt vor, für diese Konstante den Ausdruck „Verlustkoeffizient" einzuführen oder, vielleicht noch besser, den reziproken Wert $\frac{1}{\mu}$ als „Durchdringungsfähigkeit" zu bezeichnen.

Zur experimentellen Prüfung der Gleichungen (2) und (3) wurde eine mit radioaktiver Substanz bedeckte Aluminiumplatte auf das Zerstreuungsgefäß eines Blattelektrometers gelegt. Für Absorptionsmessungen wurde das absorbierende Material zwischen die aktivierte Seite der Platte und das oben offene Zerstreuungsgefäß gebracht und δ aus der ihr proportionalen Wanderungsgeschwindigkeit des Elektrometerblättchens bestimmt. Für die Reflexionsmessungen wurde die nach oben gekehrte aktivierte Seite mit der zu untersuchenden Substanz bedeckt und ρ aus dem Zuwachs der Zerstreuung im Elektrometer bestimmt. Versuche mit UrX ergaben eine gute Übereinstimmung mit den beiden Gleichungen. Herr Schmidt dehnte nun-

Digitized by Google

mehr die Versuche auf AcB aus. Die Ergebnisse waren den mit UrX erhaltenen im allgemeinen analog.

Herr Schmidt hat nun alle mit AcB gefundenen Ergebnisse in einer Tabelle zusammengestellt und dabei die absorbierenden bzw. reflektierenden Metalle nach steigendem Atomgewicht A angeordnet, auch ihre Dichte D mit in den Kreis der Betrachtungen gezogen. Dabei fanden sich nun folgende Gesetzmäßigkeiten: p nimmt mit wachsendem Atomgewicht zu. Hier nimmt allerdings Ni, ähnlich wie bei der Röntgenstrahlung, eine Sonderstellung ein. Mit wachsendem A nehmen ferner $\frac{\mu}{D}$ und $\frac{\beta}{D}$ zu, $\frac{\alpha}{D}$ ab. $\frac{\alpha}{D}\sqrt[3]{A}$ schwankt um den Mittelwert 24,0, und $\frac{\beta}{AD}$ nimmt im allgemeinen mit steigendem A zu. Diese Ergebnisse entsprechen im allgemeinen den mit UrX gewonnenen. Interessant ist, daß bei letzteren $\frac{\alpha}{D}\sqrt[3]{A}$ um 11,2 und $\frac{\beta}{AD}$ um 0,124 schwanken. Es liegt, zumal die Abnahme von $\frac{\beta}{AD}$ bei den mit AcB angestellten Versuchen auf einem prinzipiellen Beobachtungsfehler beruhen könnte, die Vermutung nahe, daß die Größen $\frac{\alpha}{D}\sqrt[3]{A}$ und $\frac{\beta}{AD}$ zwei universelle und für eine bestimmte β-Strahlenart geltende Konstanten sind. „Entschieden darf man aber das behaupten, daß für den Durchgang der β-Strahlen durch Materie im wesentlichen nur die Geschwindigkeit der β-Teilchen und die Dichte und das Atomgewicht der durchstrahlten Substanz maßgebend ist.“ Mi.



Ein einfaches Interferenzspektroskop.

(Von der 79. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte, Dresden. 15. bis 21. September 1907.)

Im Jahre 1903 konstruierten O. Lummer und E. Gehrcke ein Interferenzspektroskop von außerordentlich hohem Auflösungsvermögen, welches von der Firma Franz Schmidt & Haensch in Berlin hergestellt und vertrieben wird. Den wesentlichen Teil dieses Apparates bildet eine planparallele Glasplatte von hoher Vollkommenheit, die, wo es sich um die Erreichung eines möglichst hohen Auflösungsvermögens handelt, auch möglichst hoch und breit sein muß. Damit aber wachsen nicht nur die Dimensionen des Apparates, sondern auch, und zwar sehr stark, seine Kosten. Nun übersteigt die Leistung des Lummer-Gehrckeschen Interferenzspektroskops für viele Zwecke, so bei manchen Untersuchungen und besonders im Unterricht, weitaus

Digitized by Google

die Grenzen des Erforderlichen. Für diese Fälle ist eine wesentlich kleinere, also auch viel billigere Platte völlig ausreichend, und eine solche Platte macht wiederum die Verwendung sonstiger Apparatteile von wesentlich kleineren Abmessungen und somit eine weitere Verbilligung des ganzen Instrumentes möglich. Ein solches Interferenzspektroskop, dessen Preis nicht höher ist als der eines gewöhnlichen Bunsen-Kirchhoffschen Spektralapparates, führte Herr Gehrcke in Dresden vor.

Bei diesem Instrument, dessen Herstellung wiederum die Firma Franz Schmidt & Haensch übernommen hat, fällt das Licht einer Strahlungsquelle (etwa einer Geißlerröhre mit Quecksilberfüllung) auf den unter 45° gegen die Vertikale geneigten Spalt des Kollimators, danach in ein Glasprisma von konstanter Ablenkung und dann auf die planparallele Platte, welche den wesentlichen Teil des Apparates bildet. Die vielfachen, im Innern dieser Platte reflektierten Strahlen werden dann im Beobachtungsfernrohr vereinigt. Die Beobachtung der Interferenzerscheinung erfolgt durch das schwach vergrößernde Okular des Fernrohrs. Mittels einer Schraube kann das Prisma gedreht werden, so daß nacheinander verschiedene Spektrallinien durch das Gesichtsfeld wandern. Das Auflösungsvermögen dieses Apparates ist ungefähr 100000, man kann also noch $^1/_{100}$ des Abstandes der D-Linien auflösen. Dabei beträgt die größte Längenausdehnung des Instruments, vom Spalt bis zum Okular, nur 53 cm.

Eine einfache Vorrichtung ermöglicht, das Interferenzspektroskop in einen gewöhnlichen Spektralapparat umzuwandeln. Man braucht nur die planparallele Platte nebst ihrer Fassung von ihrer Unterlage abzuheben und an ihre Stelle ein beigegebenes rechtwinkliges Prisma zu setzen. Platte und Prisma sind so montiert, daß sie bei der Auswechslung ohne besondere Justierung in ihre richtige Lage kommen. Bei dem umgewandelten Apparat gelangt nun das aus dem ersten Prisma kommende Licht infolge totaler Reflexion in dem rechtwinkligen Prisma in das Beobachtungsfernrohr. Das Auflösungsvermögen ist jetzt etwa so groß, wie das eines Bunsen-Kirchhoffschen Apparates; es beträgt etwa 2000, also $^1/_2$ des Abstandes der D-Linien.

Eine dritte Modifikation erhält man, wenn man statt des rechtwinkligen Prismas ein Flintglasprisma von 60° brechendem Winkel wählt. Das Auflösungsvermögen dieses Zweiprismenapparates beträgt etwa 3000, also $^1/_3$ D-Linienabstand. Die Prismenapparate verlangen natürlich die Anwendung eines stärkeren Okulars.

Dieses einfache Interferenzspektroskop gestattet die Demonstration einer Reihe wichtiger Erscheinungen. Bei der eingangs vorausge-

Digitized by Google

setzten Beleuchtung mit Quecksilberlicht sind die hauptsächlichsten Trabanten der Quecksilberlinien, z. B. fünf Trabanten der grünen Linie 546 $\mu\mu$, schon zu beobachten. Beleuchtet man statt dessen mit einer in eine Bunsenflamme gehaltenen Perle von Natriumsalz, so sieht man, daß die Breite der *D*-Linien wesentlich größer ist als die der Quecksilberlinien. Man kann dann ferner die große Veränderlichkeit der *D*-Linien in den verschiedenen Teilen der Flamme beobachten. Trabanten besitzen die *D*-Linien nicht. Dagegen findet man einen starken Trabanten der grünen Thalliumlinie 535 $\mu\mu$, wenn man statt des Natriumsalzes ein Thalliumsalz in die Bunsenflamme bringt.

Der Zeemaneffekt läßt sich mit folgender Anordnung leicht subjektiv zeigen: Als Lichtquelle dient wieder eine Geißlerröhre mit Quecksilberfüllung mit enger Kapillare. Ein Elektromagnet aus zwei 10 cm hohen und 4 cm starken Spulen mit 2 × 500 Windungen aus 1,2 mm dickem Draht reicht bei einer Stromstärke von 6 Ampère zur Erregung eines Feldes von etwa 2000 Gauß aus. Hinter das Okular des Beobachtungsfernrohrs wird noch ein dem Instrument beigegebenes Wollastonsches Prisma gefügt. Man erhält dann von jeder Linie zwei geradlinig polarisierte Spaltbilder (eines parallel und eines senkrecht zu den Kraftlinien) und beobachtet bei Erregung des Feldes, daß die Interferenzstreifen des senkrecht zu den Kraftlinien polarisierten Bildes sich verdoppeln, während die des anderen Bildes unverändert bleiben; man erhält also ein normales Triplett. Besonders gut eignet sich für diese Beobachtung die grüne Quecksilberlinie 546 $\mu\mu$.

Man darf dieses neue Interferenzspektroskop als eine willkommene Bereicherung des optischen Instrumentariums begrüßen. Mi.



Kann Leben durch Kälte getötet werden?

Nachdem es durch die fabrikmäßige Darstellung von flüssiger Luft gelungen ist, die tiefen Temperaturen derselben leicht und bequem zu experimentellen Zwecken zu benutzen, werden jetzt in fast jedem Laboratorium allerhand Versuche damit unternommen. Trotzdem aber die Frage, bis zu welcher Temperaturgrenze eigentlich noch Leben und Fortpflanzung möglich ist, sehr nahe lag, gibt es kaum ein Gebiet der Naturwissenschaft, welches so wenig und lückenhaft bearbeitet worden ist. In jedem der zahlreichen Lehrbücher der Bakteriologie wird man Tabellen finden, welche die obere Temperaturgrenze für eine ausreichende Reihe von Bakterien und Spaltpilzen aufweisen, während man für die

Digitized by Google

untere Grenze meist nur ein oder zwei Beispiele zum Beweise der großen Widerstandsfähigkeit der Sporen findet. Die Ursache ist leicht erklärlich. Während die Hitzebeständigkeit und die Grenze ihres Zerfalls eine wichtige Tatsache für die medizinische Wissenschaft bilden, hat die Erforschung der untern Grenze gar kein klinisches Interesse, denn man kann mit flüssiger Luft keine experimentellen Versuche am lebenden Körper machen, und die Abtötung von Kokken durch Kälte steht ja mit der Leichtigkeit der Zerstörung bei Hitzegraden in keinem Verhältnis. Ein Werk, welches also das Leben „nach unten hin" einer kritischen Betrachtung unterwirft, gibt es nicht; man ist dabei auf verzettelte Aufsätze in Zeitschriften und gelegentliche Winke in den bakteriologischen Handbüchern angewiesen. Macfadyan, Belli und Meyer (Centralblatt für Bakt., 1900) sind die wenigen Namen, die man auf diesem Spezialgebiet zitieren kann. Dabei ist das Resultat ein recht erstaunliches, denn während die obere Temperaturgrenze infolge des Eiweißzerfalles verhältnismäßig niedrig liegt, finden wir in der Kälte eine Lebenszähigkeit der Bakterien, die geradezu in Erstaunen setzen muß.

Man hat z. B. Cholerabakterien einen ganzen Winter hindurch einer Kälte von 14° ausgesetzt, ohne ein Absterben der Kultur zu erzielen. Dasselbe Experiment machte man mit Pestbazillen, die 3—4 Monate lang eine Temperatur von 31° aushielten, ohne in ihrer Keimfähigkeit beeinträchtigt zu werden. Der leider weitverbreitete Diphtheriebazillus konnte erst bei 60° vernichtet werden, der noch „populärere" Tuberkelbazillus erwies sich als noch widerstandsfähiger. Ein Versuch, letzteren 17 Tage lang unter 10° zu halten, störte noch nicht einmal die Vermehrung der Lebewesen, selbst eine Temperatur von 100°, die eine Stunde lang auf die Kulturen wirkte, erzwang noch kein Absterben; dies gelang erst bei der abnormen Grenze von 160° (Untersuchung von Jacoby, Barmen). Es ist das ein neuer Beweis, daß die Tuberkulose nicht in kalten Klimaten oder durch Winterszeit eingeschränkt wird, sondern dieser bekannteste Bazillus zu den widerstandsfähigsten Kreaturen gehört. Der gefürchtete Milzbrandbazillus bleibt lebend bis zu 110°, ebenso die Heubakterien; nach Angaben einiger Forscher vertragen sie sogar die Abnahme bis zu 130° Kälte. Ja, die Staphylokokken (Eiterbazillen) bleiben keim- und lebensfähig bis zu der gewaltigen Minustemperatur von 220°, also einer Kälte, die 30° niedriger liegt, als die der flüssigen Luft. Man erzielt ein solches Minimum durch schnelles Verdampfen von flüssiger Luft oder Herstellen eines Vakuums über der Oberfläche. Auf diese Weise gelang es Arrhenius, sogar Versuche bis zu 252° anzustellen, bei welcher kolossalen Temperaturerniedrigung noch etliche Kulturen widerstandsfähig blieben.

Digitized by Google

Diese ungeheure Widerstandsfähigkeit der Bakterien hat aber eine ganz eminente Bedeutung für die Kosmogenie. Es wird uns mit fortschreitender Technik gelingen, die Kältestufe noch wesentlich herabzudrücken, denn es fehlen nur noch etwas mehr als 25° zur Erreichung des absoluten Nullpunktes. Wenn wir auch bis zu dieser Grenze noch lange und vergeblich experimentieren werden, so gibt uns doch die Permanenz der Lebenskraft in Temperaturen, welche der Weltenkälte näher kommen, einen deutlichen Fingerzeig, wie sich unter Umständen das Leben von Planet zu Planet hat fortsetzen können.

P. R.



Eigentümliche Wirkungen eines Blitzschlags.

In einem Briefe an Lord Kelvin, dessen Abdruck im Philosophical Magazine [(6) **12**, 62—63, 1906] erfolgt ist, berichtet Herr Barber Starkey über höchst sonderbare Wirkungen eines Blitzschlages. Am 29. August 1905 ging gegen 5 Uhr nachmittags — anscheinend in der Umgegend von London (Angaben über die Örtlichkeit fehlen nämlich) — ein heftiges Gewitter nieder. Der Blitz traf drei Eichen im Park, und seine Wirkungen auf den einen dieser Bäume sind so eigenartig, daß eine nähere Beschreibung wohl von Interesse sein dürfte. Der Blitz hatte nämlich aus dem Eichstamm etwa 30 Stücke herausgerissen, die Herr Barber Starkey auf der Westseite des Baumes mit einem Ende in die Erde eingerammt vorfand. Die Länge dieser Holzstücke schwankte zwischen 1 und 3 Fuß, die Breite zwischen $^1/_{16}$ und $^1/_4$ Zoll; sie waren bis über einen Zoll tief in die Erde eingedrungen und standen nun in einem Abstand von etwa 15 Fuß von dem Stamme mehr oder minder senkrecht im Erdboden fest. Die Leichtigkeit und Biegsamkeit der Splitter ließ es ausgeschlossen erscheinen, daß sie sich nur infolge ihres Beharrungsvermögens beim Falle so tief in den Erdboden hineingearbeitet haben könnten, vielmehr sah es aus, als seien sie durch irgendeine Kraft in den Boden hineingesaugt worden. Herr Barber Starkey äußert daher die Vermutung, daß möglicherweise irgendeine elektrische Kraft dabei im Spiele gewesen sein könne.

Lord Kelvin erachtet es nun für wahrscheinlich, daß jeder dieser Splitter während seines Weges durch die Luft infolge gegenseitiger elektrischer Abstoßung zwischen seinen Teilchen sich ganz steif und starr verhalten habe, und gleich einem Pfeil mit großer Wucht in die Erde geschossen sei, und zwar müsse er vor dem Auftreffen auf den Boden eine bedeutende Geschwindigkeit besessen haben. Daß nach

Digitized by Google

der Berührung des Bodens noch irgendwelche elektrische Anziehungskraft auf das Geschoß gewirkt und es weiter in den Boden hineingezogen haben könne, erscheint Lord Kelvin wenig wahrscheinlich. Die große Geschwindigkeit der Splitter nach der Ablösung vom Stamm erklärt Lord Kelvin als die Folge einer elektrischen Abstoßung, die ihrerseits in einer großen Potentialdifferenz zwischen dem Baume einerseits und der Erde andererseits ihren Ursprung hätte. Auf ihrer Bahn würden die Geschosse dann unter dem Einflusse einer schräg gerichteten Kraft gestanden haben, so daß ihre Bewegungsrichtung nach und nach in eine lotrechte übergegangen ist. Auf alle Fälle wird jedes einzelne Stück vor seiner Ablösung vom Stamme stark elektrisiert gewesen sein. Welches aber das Vorzeichen der Ladung gewesen sein mag, ist nicht festzustellen.

Es wäre interessant zu erfahren, ob irgendwie von anderer Seite ähnliche Erscheinungen beobachtet worden sind. Mi.



Über Radioaktivität von Pflanzennadeln.

Die Herren G. Costanzo und C. Negro haben den Mitteilungen über ihre Untersuchungen, welche die Radioaktivität der atmosphärischen Niederschläge betrafen, nunmehr einen ersten Bericht über Versuche folgen lassen, welche die durch die Blätter von Pflanzen hervorgerufene Ionisation zum Gegenstande hatten. Die Herren maßen die Elektrizitätszerstreuung in einem Schmidtschen Apparat vor und nach dem Einbringen der Pflanzenteile. Sie haben aber ihre Untersuchungen einstweilen auf Zedernnadeln beschränkt, und zwar nur auf Nadeln von Cedrus Deodara. Es scheint sogar, obschon dies in der erwähnten Mitteilung (Phys. Zeitschr. 8, 491—494, 1907) nicht ausgesprochen ist, daß die Nadeln stets einem und demselben Baume entnommen worden sind. In allen Fällen gelangten frisch gepflückte und möglichst junge Nadeln zur Untersuchung. Die Nadeln zeigten stets eine Radioaktivität. Die für das Abklingen dieser Radioaktivität charakteristische Kurve ähnelt in auffallender Weise der entsprechenden Kurve für die induzierte Radioaktivität. Wenn nun die Herren Costanzo und Negro keineswegs aus ihren mit den Nadeln einer einzelnen Zedernart erhaltenen Ergebnissen verallgemeinernde Folgerungen ziehen wollen, so sehen sie sich doch durch diese Ähnlichkeit der Kurven zu folgendem Gedankengang veranlaßt: Es ist eine bekannte Tatsache, daß ein Körper, der einige Zeit auf einem negativen Potential gehalten wird, radioaktive Emanation aufnimmt. Nun wird seitens vieler Forscher die Ansicht vertreten, daß

Digitized by Google

die Erde und somit auch die mit ihr elektrisch leitend verbundenen Körper stets auf einem negativen Potential befindlich sind. Ist nun diese Ansicht zutreffend, so könnte sich vielleicht die an den Blättern beobachtete Radioaktivität auf diese Weise erklären lassen. — Diese Überlegung hat sicherlich viel Bestechendes. Indessen wird man zunächst wohl ein reichlicheres Beobachtungsmaterial, das sich auch über möglichst verschiedenartige Pflanzengattungen zu erstrecken haben würde, sammeln müssen, ehe man in dieser Hinsicht ein einigermaßen gesichertes Urteil wird fällen können. Mi.



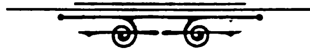
Für ultraviolettes Licht durchlässige Gläser.

Die Frage nach einem Verfahren zur Herstellung von Gläsern, die für kurzwellige Strahlung durchlässig sind, kann nachgerade als eine brennende bezeichnet werden. Flußspat, der in dieser Hinsicht ein vorzügliches Material darstellt, ist heutzutage nicht mehr käuflich zu haben, oder doch nur in solch geringen Mengen und zu so ungeheuerlichen Preisen, daß er praktisch nicht mehr in Frage kommen kann. Quarz ist nicht bequem zu bearbeiten. Da ist es denn mit Freuden zu begrüßen, daß es allem Anschein nach Herrn C. Fritsch geglückt ist, ein brauchbares optisches Material von großer Durchlässigkeit für ultraviolettes Licht herzustellen. Wie Herr Fritsch in einer vorläufigen Mitteilung in der Physikalischen Zeitschrift (8, 518—519, 1907) berichtet, hat er bei Untersuchungen verschiedener Absorptionsspektren, die er in Gemeinschaft mit Herrn F. A. Lindemann angestellt hat, die Beobachtung gemacht, daß Borsäureanhydrid „qualitativ keine mit einem Quarzspektrographen nachweisbare Absorption kurzwelligen Lichtes besitzt“. Einer Verwendung des Borsäureanhydrids als optisches Material stellten sich indessen zunächst seine hygroskopischen Eigenschaften hindernd entgegen. Die Herren versuchten daher, durch verschiedene Zusätze geeignete Schmelzen zu erlangen, und diese Versuche, welche schließlich von Herrn Fritsch allein fortgesetzt wurden, haben denn auch bereits zu recht günstigen Ergebnissen geführt. Herr Fritsch gibt in der genannten Mitteilung folgendes Rezept an: 6 Gramm käufliches $CaFl_2$ werden mit 14 Gramm B_2O_3 (Acidum boricum fusum) in Pulverform gemischt und die Mischung in einem Leuchtgasgebläse im Platintiegel geschmolzen. Es entsteht eine glasklare und dünnflüssige Schmelze, die auf einem nicht erhitzten Bleche aus Platin oder anderem Material ausgegossen werden kann. Wenn nicht eine allzu heftige Abkühlung eintritt, so ist eine Gefahr des Zerspringens kaum vorhanden. Herr Fritsch

Digitized by Google

hat nach diesem Rezept häufig dicke Stücke fast von der Größe eines Talers ohne jeglichen Riß erhalten. Ein zu langes Glühen der Mischung muß vermieden werden, da man andernfalls eine kristallinische weiße Masse erhält. Weitere Versuche, die Herr Fritsch demnächst anzustellen beabsichtigt, werden hoffentlich zu noch anderen brauchbaren Rezepten führen.

Mi.



Digitized by Google



John A. Brashear, A Biographical Sketch of S. P. Langley. Miscellaneous Scientific Papers of the Allegheny Observatory. N. S. N. 19. S. A. aus Popular Astronomy **14,** 1906. 8. 9 S.

Am 27. Februar 1906 starb in Aiken, S. C., im Alter von 71 Jahren Samuel Pierpont Langley. Sein langjähriger Mitarbeiter widmet dem für die Wissenschaft viel zu früh Dahingeschiedenen einen warmempfundenen Nachruf, in welchem er nicht nur den vielen wissenschaftlichen Leistungen des großen Forschers, sondern auch den herrlichen Charaktereigenschaften des Menschen in vollem Maße gerecht wird. Wir lernen die vielen liebenswürdigen Züge kennen, welche die Persönlichkeit Langleys auszeichneten. Es dürfte vielleicht nicht allgemein bekannt sein, daß Langley sich auch mit dem Flugproblem eingehend beschäftigt hat. Wie alle Veröffentlichungen dieses Gelehrten sich durch künstlerische Darstellung auszeichnen, so hat er auch die Natur stets mit Künstleraugen angeschaut. Die Lektüre dieser kleinen biographischen Skizze wird in manchem den Wunsch erwecken, sich eifriger mit den Schriften Langleys zu beschäftigen

Mi.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Digitized by Google

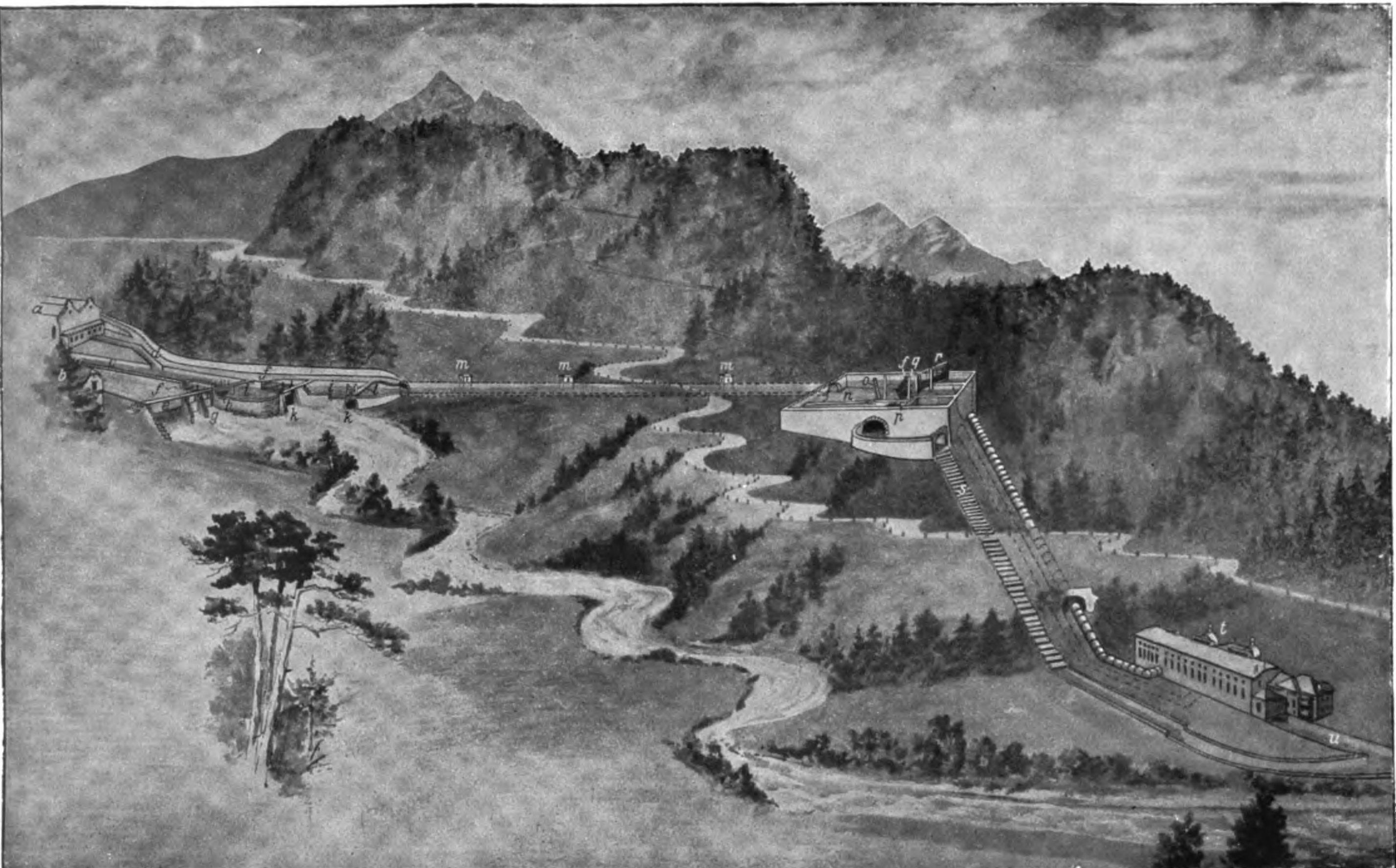


Fig. 18. Die Sillwerke bei Innsbruck.

Das durch das Grundwehr e gestaute Wasser vereinigt sich mit dem von den Brennerwerken a durch den Kanal d abfließenden Wasser und gelangt durch einen Stollen mit den Einsteigeschächten m zu dem Wasserschloß n. Von hier fließt es entweder durch die Druckrohrleitung dem Maschinenhause t zu oder es gelangt durch den Leerlauf s direkt in den Unterwassergraben u.

Digitized by Google



Elektrische Kraftübertragungen auf grosse Entfernungen *).

Von Professor **H. Görges** in Dresden.

I.

Unsere Kultur ist im Verlaufe des letzten Jahrhunderts mehr und mehr durch die Maschinenarbeit beeinflußt worden. Bewußt oder unbewußt, gern oder ungern sind wir abhängig von der Maschinenarbeit. Der Fernverkehr vollzieht sich zu Wasser und zu Lande fast vollständig, der Stadtverkehr in steigendem Maße durch Maschinenkraft. Die Förderung der Kohle und der Erze aus dem Erdinnern, die Gewinnung und Verarbeitung der Metalle sowie der Rohstoffe wäre ohne Maschinenbetrieb unmöglich. Das Trinkwasser, das wir auf allen Etagen entnehmen, das elektrische Licht in Straßen, Läden und Wohnungen, die Aufzüge in Hotels und großen Privathäusern verdanken wir der Maschinenkraft. Der durch Maschinen gezogene Pflug verdrängt mehr und mehr den von Pferden gezogenen, das lustige Geklapper der Dreschflegel ist verschwunden und hat dem Summen der durch Dampf oder Elektrizität betriebenen Dreschmaschine Platz gemacht. Ein modernes Kind lernt eher eine Dreschmaschine als einen Dreschflegel kennen, der bald als Rarität wie die Lichtputzschere nur noch in Museen zu finden sein wird.

Um die Maschinen im Gang zu erhalten, müssen wir ihnen Energie zuführen, wie einem Tiere Futter. Als Energiequellen kommen heutzutage besonders die Steinkohle, daneben auch die Braunkohle, ferner

*) Gemeinverständlicher Vortrag, gehalten im wissenschaftlichen Verein zu Berlin.

Digitized by Google

flüssige Brennstoffe, wie Naphtha und Petroleum in Betracht; weiter gasförmige Brennstoffe, die aber nur selten natürlich vorkommen und meistens aus festen oder flüssigen Brennstoffen gewonnen werden. Unter den Gasen haben technisch besonders die Abgase der Hoch- und der Koksöfen große Bedeutung gewonnen. Aus den Gichtgasen der Hochöfen können innerhalb des Deutschen Reiches bei einer Jahresproduktion von 12 Millionen Tonnen Roheisen etwa eine Million Pferdestärken gewonnen werden, und die Abgase der Koksöfen liefern etwa eine halbe Million. Eine weitere Energiequelle bilden die Wasserfälle. An Wasserkräften ist Deutschland nicht reich, immerhin können durch Fassung natürlicher Fälle, durch Talsperren und Flußregulierungen anderthalb Millionen Pferdestärken gewonnen werden. Um diese Zahlen dem Verständnis näher zu bringen, sei bemerkt, daß die Eisenhüttenwerke Deutschlands etwa 1 Million Pferdestärken bedürfen und daß die Ersetzung der Petroleumbeleuchtung in Deutschland durch elektrisches Licht etwa eine halbe Million verlangt. Über große Schätze an Wasserkräften verfügen die Alpenländer, Italien, Frankreich, Schweden und Norwegen sowie Nordamerika. In der Schweiz wurden 1903 bereits 270000 Pferdestärken aus Wasserkräften gewonnen, an den Niagarafällen allein sind 1 Million P.S. konzessioniert, deren volle Ausnutzung voraussichtlich den amerikanischen Fall trocken legen wird.

Eine nicht unbedeutende Energiequelle besitzt Deutschland in seinen Torflagern, deren Ausnutzung im großen schon jetzt möglich erscheint. Die Kraft des Windes wird nur im kleinen ausgenutzt; die Dienstbarmachung der Meereswellen und der Gezeiten ist ein Problem, dessen Lösung der Zukunft vorbehalten bleibt.

Nur ausnahmsweise wird die Energie da verbraucht, wo sie gewonnen wird. Dies trifft am meisten in unseren Kohlenrevieren, z. B. im Ruhrgebiet und in Oberschlesien, zu. Auch an großen Wasserkräften siedelt sich jetzt die Industrie an. In diesen Fällen handelt es sich nur darum, die Energie über große Flächen zu verteilen. Häufig aber muß die Energie erst von den Gewinnungsstellen nach dem Verbrauchsgebiet transportiert werden, bevor die Verteilung beginnen kann. Es ist aber noch ein weiterer Grund vorhanden, weshalb die Erzeugung der Energie zentralisiert werden muß. Hundert Maschinen von je 10 Pferdestärken an fern voneinander liegenden Stellen brauchen 100 Wärter zur Bedienung, eine tausendpferdige Maschine braucht nur einen Wärter. Ebenso werden die Grundstücke, die Gebäude, ihre Beleuchtung, Heizung und Reinigung, endlich auch der Kohlen-, Wasser- und Ölverbrauch auf die Pferdestärke berechnet um so geringer, je größer die Maschinen sind. Daher verlangt die Wirtschaftlichkeit die Zentralisierung des

Digitized by Google

Betriebes und auch die Stetigkeit und Güte der Energielieferung, denn die Zentralisierung gestattet, gut geschulten Personal und die vollkommensten Einrichtungen zu verwenden. Dadurch aber wird die Frage billiger Fortleitung und Verteilung von der größten Bedeutung für die wirtschaftliche Benutzung der vorhandenen Energiequellen.

Wir können demnach die Erzeugung der Energie in der gewünschten Form, den Ferntransport, die Verteilung und den Verbrauch der Energie unterscheiden.

Wie vollzieht sich nun der Transport der Energie? Wir sehen täglich, wie auf Meeren, Flüssen und Eisenbahnen ungeheuere Mengen Kohle und Petroleum transportiert werden. Gas wird in Nordamerika unter starkem Druck auf Hunderte von Kilometern fortgeleitet. Für die Verteilung der Energie kommen die Fortleitung von Gas unter niedrigem Druck, wie die des Leuchtgases in unseren Städten, ferner in technischen Betrieben Druckluft und Druckwasser zur Anwendung, während die Wasserleitungen der Städte fast ausschließlich der Wasserversorgung dienen. Vor der elektrischen Kraftübertragung gab es einige Übertragungen auf größere Entfernungen durch Seiltransmissionen; eine wirkliche Fernübertragung und eine Verteilung größerer Energiemengen ist aber erst durch den elektrischen Strom möglich geworden.

II.

Die physikalischen Grundlagen der elektrischen Kraftübertragung beruhen auf der Wechselwirkung von elektrischen Strömen und Magnetismus.

Zunächst wollen wir feststellen, daß wir durch elektrische Ströme Eisen magnetisch machen können. Ich habe hier einen Eisenkern, der aus einem horizontalen Joch besteht, das zwei darauf gesetzte Säulen miteinander verbindet. Alle drei Teile sind mit Drahtspulen umgeben, die aus zahlreichen Windungen baumwollumsponnenen Kupferdrahtes bestehen. Ein an die oberen Enden der Eisensäulen gehaltener Schlüssel belehrt uns, daß das Eisen nicht magnetisch ist. Wir schließen jetzt die Spulen an eine Stromquelle an, so daß sie von einem starken elektrischen Strome durchflossen werden. Jetzt ist das Eisen magnetisch geworden; der Schlüssel wird angezogen. Die oberen Enden der Säulen nennen wir die Pole des Elektromagneten. Öffnen wir den Stromkreis wieder, so verschwindet der Magnetismus sofort. Solche Eisenkörper, die nur so lange magnetisch bleiben, wie sie von einem elektrischen Strome umflossen sind, nennen wir Elektromagnete.

Wir können also Magnetismus durch elektrische Ströme herstellen. Diese Entdeckung ging von Oersted im Jahre 1820 aus. Es fragt sich

Digitized by Google

nun, können wir auch umgekehrt elektrische Ströme durch Magnete erzeugen? Diese Aufgabe gelang zuerst Faraday nach 10jährigem Bemühen — er hatte 1822 in sein Tagebuch geschrieben: „Verwandle Magnetismus in Elektrizität" — im Jahre 1831. . .

Bevor wir uns einem Experimente zuwenden, das uns die Lösung dieser Aufgabe zeigt, müssen wir uns kurz noch mit einigen grundlegenden Gesetzen der elektrischen Ströme bekannt machen. Wir kennen seit Galvani und Volta verschiedene Vorrichtungen, um dauernde elektrische Ströme zu erzeugen. Ihnen allen bekannt sind die galvanischen Elemente, die den Strom für Klingelanlagen liefern. Die Stärke eines Stromes erkennen wir an seinen Wirkungen. Ein stärkerer Strom bringt eine Klingel zu stärkerem Läuten, magnetisiert einen Eisenstab stärker, versetzt eine Glühlampe in hellere Glut als ein schwächerer Strom. Wir können aber mit derselben Elektrizitätsquelle stärkere und schwächere Ströme erzeugen, je nach der Beschaffenheit des Schließungskreises, den der Strom zu durchlaufen hat. Die Stärke des Stromes ist also nicht allein durch die Stromquelle, sondern auch durch die Beschaffenheit des Stromkreises bestimmt. Wir sprechen daher der Stromquelle eine mehr oder minder große Fähigkeit, Strom zu erzeugen, eine elektromotorische Kraft zu, die jedoch nur dann einen Strom erzeugt, wenn der Stromkreis, bestehend aus der Elektrizitätsquelle und dem Schließungskreise, geschlossen ist, und zwar je nach dessen Beschaffenheit einen stärkeren oder schwächeren. Die elektromotorische Kraft ist dem Druck einer Wasserleitung vergleichbar. Der Druck ist dauernd vorhanden, ein Wasserstrom aber entsteht infolge des Druckes nur dann, wenn der Wasserhahn geöffnet wird. Schrauben wir an den Hahn einen langen Wasserschlauch mit engem Mundstück, so wird aus dem Hahn bei derselben Öffnung weniger Wasser fließen als vorher, als der Schlauch noch nicht angeschraubt war. Wir sagen daher, ein Stromkreis, z. B. eine Klingelleitung, habe einen größeren oder geringeren Widerstand, je nachdem dieselbe Stromquelle (dasselbe Element) einen schwächern oder stärkern Strom in ihm erzeugt. Ohm hat 1827 die Beziehung zwischen elektromotorischer Kraft, Stromstärke und Widerstand genau durch sein berühmtes Gesetz festgestellt. Es lautet: Man findet die Stromstärke, indem man die elektromotorische Kraft durch den Widerstand des Stromkreises dividiert. Das genaue Verständnis dieses Gesetzes bedingt freilich noch ein Studium der Eigenschaften der elektromotorischen Kraft und der Beziehungen, von denen die Größe des Widerstandes abhängt. In dieser Hinsicht will ich mich darauf beschränken zu bemerken, daß der elektrische Widerstand eines Drahtes oder dünnen Stromleiters, wie eines Kohlenfadens, von dem Material ab-

Digitized by Google

hängt und um so größer ist, je größer die Länge und je geringer der Querschnitt ist. Kupfer zeichnet sich unter den Metallen durch einen geringen Widerstand aus, daher seine vielseitige Verwendung bei elektrischen Anlagen.

Ein fließendes Wasser kann eine Mühle treiben. Ihre Leistungsfähigkeit messen wir z. B. nach der Menge Getreide, die sie in einem Tage zu Mehl verarbeiten kann. Diese Leistungsfähigkeit ist um so größer, je mehr Wasser in einer Stunde durch die Mühle läuft und je größer der Unterschied in der Höhe des Wasserspiegels vor und hinter der Mühle ist. Ist kein Wasser vorhanden, so nützt der Höhenunterschied nichts, ist kein Höhenunterschied vorhanden, so nützt die Wassermenge nichts. Beides muß gleichzeitig vorhanden sein. Wohl aber kann ein Ausgleich insofern eintreten, als ein geringer Höhenunterschied und eine große Wassermenge eine ebenso große Leistung ergeben, wie ein großer Höhenunterschied und eine geringe Wassermenge. Sofern wir bei Multiplikation der Zahlen, die den Höhenunterschied und die Wassermenge angeben, denselben Wert erhalten, ist auch die Leistung dieselbe. Wir können nun mit der Wassermenge, die stündlich durch die Mühle läuft, die Stromstärke und mit dem Höhenunterschied des Wassers vor und hinter der Mühle die elektromotorische Kraft vergleichen, und können daher die Leistung durch das Produkt von elektromotorischer Kraft und Stromstärke messen.

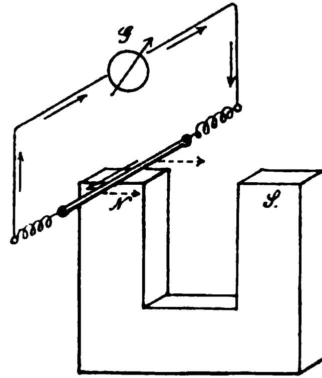


Fig. 1.

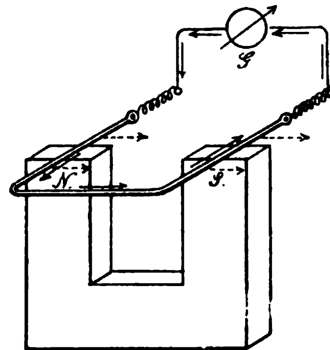


Fig. 2.

Wir legen nun, Fig. 1, einen Kupferstab auf den Nordpol unseres Elektromagneten und verbinden seine Enden mit den Klemmen eines Galvanometers G, das uns durch den Ausschlag seines Zeigers anzeigt, ob es von einem elektrischen Strom durchflossen ist oder nicht. Der Zeiger bleibt in Ruhe. Jetzt bewege ich den Kupferstab quer zu seiner Richtung längs der Polfläche, und sogleich stellt sich ein Ausschlag ein. Er wird größer, wenn ich den Stab schneller bewege, und verschwindet sofort wieder, wenn der Stab still gehalten wird, gleichviel, in welcher Lage. Kehre ich die Richtung um, in der ich den Stab bewege, so

Digitized by Google

kehrt sich auch die Stromrichtung im Galvanometer um. Ich streiche nun von außen nach innen über den Nordpol weg, bewege den Stab zum Südpol und streiche auch über ihn weg. Die Ausschläge sind groß, aber von einander entgegengesetzten Richtungen, je nachdem der Stab über den einen oder den anderen Pol geführt wird. Während der Bewegung von Pol zu Pol geht der Ausschlag auf Null zurück, kehrt sich um und beginnt wieder.

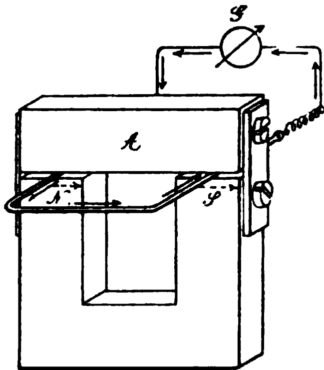


Fig. 3.

Bewegt man zwei Stäbe, die um den Abstand der beiden Pole voneinander entfernt sind, gleichzeitig an den beiden Polen vorbei, so entstehen demnach in ihnen entgegengesetzt gerichtete Ströme. Man kann daher die Stäbe zu einer Schleife, Fig. 2, vereinigen und dadurch eine verstärkte Wirkung erzielen, wie der Versuch zeigt. Statt einer solchen Schleife mit einer Windung können wir endlich auch eine Spule von derselben Gestalt, aber mit mehr als einer Windung benutzen und dadurch die Wirkung vervielfachen.

Verstärken wir den Strom, der unseren Elektromagneten erregt, so bemerken wir, daß der Ausschlag bei gleicher Geschwindigkeit größer ist.

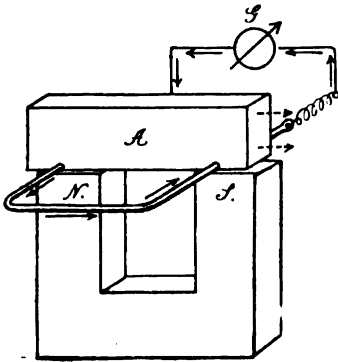


Fig. 4.

Wir wollen nun einen Eisenkern A, Anker genannt, über den Polen befestigen, Fig. 3, jedoch so, daß zwischen ihm und unseren Polflächen ein schmaler Schlitz von 8 bis 10^{mm} frei bleibt, und unseren Versuch wiederholen. Die Wirkung ist jetzt ganz wesentlich stärker, so daß ich die Schleife nur ganz langsam bewegen darf, um nicht zu große Ausschläge zu erhalten; im übrigen ist sie dieselbe geblieben. Wenn wir daher die Pole, soweit es möglich ist, da wir ja doch einen Schlitz für die Bewegung des Kupferdrahtes offen behalten müssen, durch einen Eisenanker miteinander verbinden, so verstärken wir den Magnetismus, denn wir erhalten dieselbe Wirkung, als wenn wir den erregenden Strom verstärkt hätten.

Es ist nicht nötig, daß der Anker feststeht und sich nur die Schleife in dem Schlitz bewegt. Sie kann auch, Fig. 4, fest in dem Anker angeordnet und zugleich mit ihm bewegt werden.

Digitized by Google

Bemerkenswert ist an den Versuchen besonders, daß wir den Stab oder die Schleife nicht auf einen Pol zu bewegen, sondern längs seiner Fläche an ihm vorbei. Denkt man sich von dem einen Pol Linien durch den Schlitz zum Anker und von dem Anker zum anderen Pol gezogen, etwa so, daß man die einander gegenüberstehenden Flächen in kleine Quadrate von 1 ^{mm} Seitenlänge einteilt und die Mitten einander gegenüberliegender Quadrate durch gerade Linien miteinander verbindet, so muß der Kupferstab diese Linien schneiden, damit ein Strom entsteht. Man nennt solche Linien, in deren Richtung die magnetischen Kräfte wirken, die ja den Anker den Polen zu nähern suchen, auch wohl Kraftlinien. Man darf also den Stab nicht in der Richtung der Kraftlinien, sondern muß ihn quer zu ihnen führen, man muß sie mit dem Stabe schneiden, damit ein Strom entsteht.

Dieser Strom ist nun aber, da wir den durch das Galvanometer hergestellten Schließungskreis bei allen Versuchen unverändert gelassen haben, nach dem Ohmschen Gesetz der elektromotorischen Kraft proportional, die in dem Stabe auftritt. Es möge noch bemerkt werden, daß die letztere von dem Material des Stabes unabhängig ist. Wir hätten zu den Versuchen ebensogut einen Zink- oder Eisenstab nehmen können.

Wir können daher aus unseren Versuchen folgende Gesetze ableiten:

1) In einem Stabe wird eine elektromotorische Kraft erzeugt, wenn man ihn an den Polen eines Elektromagneten vorbeiführt. Sie dauert nur so lange wie die Bewegung. Ohne Bewegung kein Strom.
2) Die elektromotorische Kraft ist um so größer, je stärker der Magnetismus des Elektromagneten, je größer die Geschwindigkeit und je größer die Stablänge von Kraftlinien oder die Windungszahl der Spule ist.
3) Bei der Umkehrung der Bewegungsrichtung, sowie beim Übergang von einem Pol zum anderen kehrt sich die Stromrichtung um.

Wollen wir dauernde Ströme erzeugen, so müssen wir auch dauernd den Stab an Polflächen vorbeiführen. Eine dauernde Bewegung ist möglich, weil wir ja den Stab nicht auf den Pol zu, sondern ihn an seiner Fläche entlang führen. Die einfachste Art dauernder Bewegung ist die Rotation. In der Tat braucht man nur zwei oder mehr Polflächen in einer Zylinderfläche anzuordnen und den Anker zu einem Ringe auszubilden. Befinden sich die Pole *N*. *S* *N* *S* usw. innen, der Anker *A* außen, Fig. 5 u. 6, so entsteht der Innenpoltypus, befinden sich die Pole außen, der Anker *A* innen, Fig. 7 u. 8, so entsteht der Außenpoltypus. Die Stäbe, die nicht mitgezeichnet sind, befinden sich bei Fig. 5 auf der inneren Seite, bei Fig. 6 auf der Außenseite des Ankers und sind meistens in Nuten eingebettet. Ein Teil der Maschine steht fest, der andere, in der Regel der innere, wird in Rotation versetzt.

Digitized by Google

Wir haben gesehen, daß sich die Richtung des Stromes in einem Stabe umkehrt, sobald er aus dem Bereich eines Poles in den des entgegengesetzten kommt. Wir erhalten also im einfachsten Falle einen Strom wechselnder Richtung, sogenannten Wechselstrom. Will man jedoch außerhalb der Maschine einen Strom erhalten, der immer in

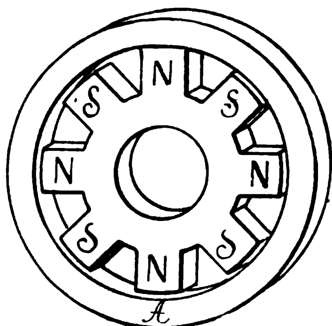


Fig. 5.



Fig. 7.

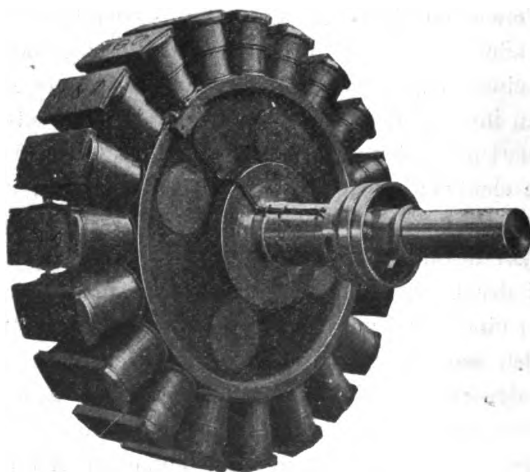


Fig. 6.

derselben Richtung fließt, so muß man die Anschlüsse des äußeren Teiles des Stromkreises bei jedem Stromrichtungswechsel miteinander vertauschen. Dies geschieht durch den Kommutator, der fest mit dem Anker verbunden ist und zu dem die Enden der Ankerstäbe hingeführt sind. Auf diesem schleifen die Bürsten, durch die der Strom nach außen geführt wird. Man erhielt so zunächst einen Strom, der zwar immer in derselben Richtung floß, aber doch in seiner Stärke großen Schwan-

Digitized by Google

kungen ausgesetzt war. Durch die Erfindertätigkeit von Pacinotti, Gramme und von Hefner-Alteneck gelang es, Ankerwickelungen und Kommutatoren herzustellen, mit denen man im äußeren Stromkreise einen Strom von gleichbleibender Stärke erhält. Einen solchen Strom, wie ihn uns die galvanischen Elemente direkt liefern, nennen wir Gleichstrom. Fig. 9 zeigt einen Gleichstromanker mit links angebautem Kommutator, der zum Polgehäuse Fig. 8 gehört.

Zur Erregung der Elektromagnete nahm man zu Anfang eine fremde

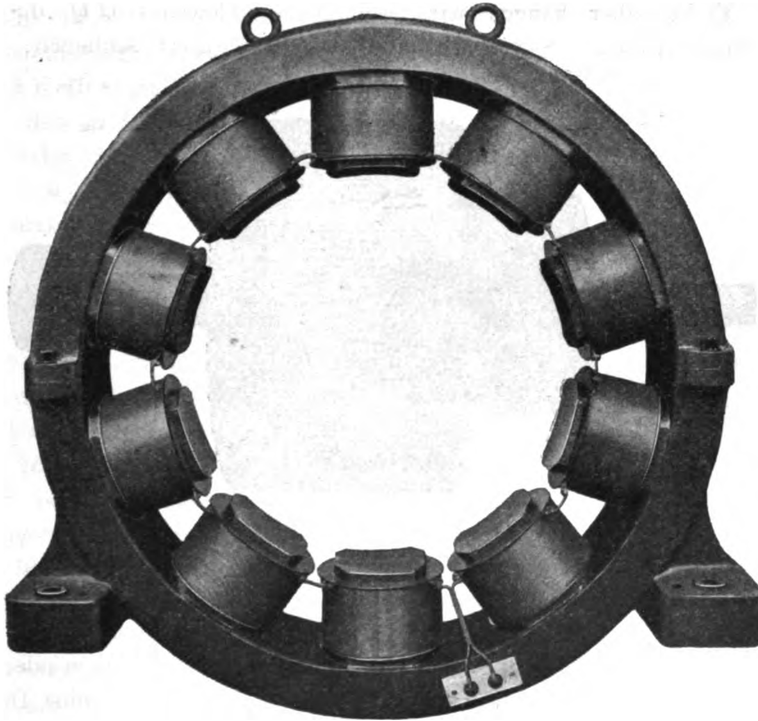


Fig. 8.

Stromquelle. Dies geschieht auch jetzt noch bei den Wechselstrommaschinen. Bei den Gleichstrommaschinen verwendet man aber nach dem berühmten dynamoelektrischen Prinzip von Werner Siemens (1867) zur Erregung den von der Maschine selbst erzeugten Strom. Dies Verfahren ermöglicht es, mit Leichtigkeit Elektromagnete von beliebiger Größe und Stärke herzustellen.

Wenn aber in den Maschinen ein elektrischer Strom kreist, treten zugleich mehr oder minder große mechanische Kräfte auf, die überwunden werden müssen, wenn man die Maschinen in Drehung versetzt.

Digitized by Google

Zum Verständnis dieser Wirkung wollen wir wieder ein einfaches Experiment anstellen. Wir stellen uns zwischen unserem Elektromagnet einen schmalen Schlitz her, und zwar aus äußeren Gründen einen senkrechten, indem wir auf die beiden Säulen des Elektromagneten noch zwei Eisenstücke schrauben, Fig. 10. Horizontal in die Mitte dieses Schlitzes bringen wir unseren Kupferstab, versehen ihn an seinen beiden Enden mit kräftigen Zuleitungen *L L*, um einen starken Strom aus einer Stromquelle *E* hindurchschicken zu können, und hängen den Stab an zwei Spiralfedern *F F* auf, so daß er gerade in der Schwebe bleibt. An seine Enden aber hängen wir zwei gleiche Gewichte *Q Q*, die auf Unterlagen ruhen. Sowie wir nun den Stromkreis schließen, wird



Fig. 9.

der Stab in die Höhe gezogen und ist imstande, die Gewichte zu tragen.

Unterbrechen wir den Stromkreis, so fallen die Gewichte wieder auf ihre Unterlage. Wenden wir statt des einen Kupferstabes eine Drahtspule an, so daß 10 Drähte horizontal den Luftschlitz durchsetzen, so können wir 10 mal so schwere Gewichte anhängen und, wie Sie sehen, eine ganz bedeutende Kraft ausüben. Die elektromagnetischen Kräfte, die auf die Drähte wirken, sind also ebenfalls längs der Polflächen, also quer zu den Kraftlinien gerichtet. Es ist dieselbe Richtung, in der wir den Stab bewegen mußten, um eine elektromotorische Kraft zu erzeugen. Verstärken wir den Magnetismus unseres Elektromagneten oder verstärken wir den Strom in dem Stabe, so wird die auf ihn ausgeübte Kraft größer.

Wollen wir daher eine Dynamomaschine in Drehung versetzen, so ist dazu eine Kraft aufzuwenden, die um so größer sein muß, je stärker

Digitized by Google

der erzeugte Strom ist. Deshalb sind gewaltige Dampfmaschinen oder Wasserräder nötig, um die Dynamomaschinen zu drehen.

Schickt man aber umgekehrt den elektrischen Strom einer anderen Stromquelle durch eine Dynamomaschine, so fängt sie unter der Einwirkung der Kräfte, die wir soeben kennen gelernt haben, an, sich zu drehen. Die Wirkungsweise der Dynamomaschine ist also umkehrbar; sie kann ebensogut als **Motor** laufen und mechanische Arbeit leisten. Der Unterschied ist nur der, daß sie als Stromerzeuger entgegen den von ihr ausgeübten Kräften gedreht werden muß, als Motor aber den in ihr entwickelten Kräften folgt. Verbindet man daher zwei gleiche Maschinen durch zwei Kupferdrähte so miteinander, daß sie zusammen einen Stromkreis bilden, und treibt die eine z. B. durch eine Wasserturbine an, so läuft die zweite, vielleicht weit von der ersten entfernte Maschine als Motor. In beiden treten gleich große Kräfte auf und in beiden elektromotorische Kräfte, die einander entgegenwirken und deren Differenz den elektrischen Strom erzeugt. Die Geschwindigkeit des Motors stellt sich nämlich ganz von selbst so ein, daß seine elektromotorische Kraft etwas geringer ist als die des Stromerzeugers. Besondere Geschwindigkeitsregulatoren sind bei den Elektromotoren daher nur ganz ausnahmsweise vorhanden.

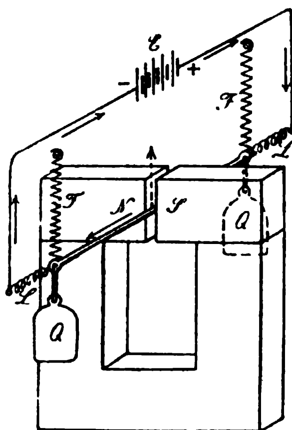
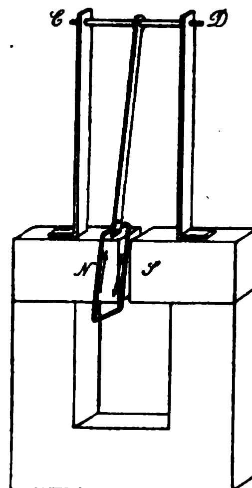


Fig. 10.


Fig. 11.

Daß in einer Kupferschleife, die an einem Pol vorbeigeführt wird, Ströme erzeugt werden und daß infolge davon eine Kraft auftritt, die sich der Bewegung der Schleife widersetzt, können wir an einem anderen Versuch sehen. Ich bringe auf einem Stativ, Fig. 11, über dem Elektromagnet ein Pendel an, das um die Achse *CD* schwingt und unten statt einer Scheibe eine in sich geschlossene Kupferschleife trägt. Die Schleife kann frei durch den Spalt schwingen, wobei die beiden, dem Pendelarm parallelen Seiten die früher erwähnten Kraftlinien schneiden. Ich lasse das Pendel schwingen, während der Elektromagnet nicht erregt ist. Es schwingt lange hin und her, und es ist nur eine langsame Abnahme der Schwingungsweite wahrzunehmen.

Digitized by Google

Nun errege ich den Elektromagnet stark. Sie sehen deutlich, wie sehr jetzt die Schwingungen gehemmt werden. Soll die Schleife auch in diesem Falle ebenso schnell den Schlitz durchqueren wie vorher, so muß eine besondere Kraft zur Verfügung stehen, die eben bei dem Betriebe unserer Maschinen von den Dampfmaschinen oder überhaupt den Arbeitsmaschinen ausgeübt wird.

Wir wollen nun aber einmal, was mit diesem Elektromagnet nicht gut ausführbar ist, annehmen, die Schleife hinge still, und wir bewegten die Pole an ihr vorbei. Relativ entsteht dann wieder eine Bewegung der Schleife durch den Schlitz; es tritt daher wieder ein Strom in der Schleife auf und daher eine Kraft, die die Relativbewegung zu hindern sucht und daher bestrebt ist, die Schleife in derselben Richtung mitzunehmen, in der sich die Pole bewegen. Läßt man also magnetische Pole rotieren, so suchen sie in sich geschlossene Leiter mitzunehmen, weil in ihnen Ströme entstehen, und daher elektromagnetische Kräfte auf sie wirken.

Nun hat Galileo Ferraris 1888 ein Prinzip aufgestellt, das unter Benutzung der eben gekennzeichneten Erscheinung eine große Bedeutung gewonnen hat. Wir denken uns einen Eisenring mit vier Spulen bewickelt, wie Fig. 12 zeigt. Denken wir uns weiter nur das Spulenpaar I I in dem durch die Pfeile bezeichneten Sinne von einem elektrischen Strome durchflossen, und den Ring längs der Linie *A A* in zwei gleiche Teile zerlegt, so entsteht in jeder Hälfte oben ein Nordpol, unten ein Südpol. Dasselbe ist auch der Fall, wenn wir die beiden Hälften wieder vereinigen. Wenn nun im nächsten Augenblick alle vier Spulen von gleich starken Strömen durchflossen werden, so daß in den durch einen Schnitt *B B* entstandenen Hälften je rechts oben ein Nordpol und links unten ein Südpol entsteht, und nun der Strom im Spulenpaar I I allmählich verschwindet, der Strom im Spulenpaar II II aber wächst, so sieht man, daß die Pole nach *C C* rücken, sich also um einen Viertelkreis gedreht haben. Setzt man dies Verfahren fort, indem man nun einen Strom in entgegengesetzter Richtung im Spulenpaar I I entstehen und den Strom im Spulenpaar II II abnehmen läßt, so wandern die Pole weiter. Man sieht, daß unter Verwendung geeigneter Wechselströme die Pole im Eisenring rotieren werden, ohne daß das Eisen oder die Wickelung an der Rotation teilnimmt.

Die dazu erforderlichen Ströme aber können wir leicht in einer Maschine erzeugen, in der die Spulenanordnung ebenso ist. Streichen Nord- und Südpol an den Spulen I I vorbei, so liefern diese allein den Strom, streichen Nord- und Südpol an den Spulen II II vorbei, so liefern diese allein den Strom; in mittleren Stellungen nehmen alle vier

Digitized by Google

Spulen an der Stromlieferung teil. Wir haben demnach zwei Stromkreise, die von derselben Maschine ausgehen. Ist der Strom in dem einen Kreise am stärksten, so ist er in dem anderen gleich Null und umgekehrt. Wir sagen dann, die beiden Ströme wären nicht in gleicher Phase, sondern es bestände eine Phasenverschiebung zwischen ihnen, und nennen die Gemeinschaft beider Ströme ein Zweiphasensystem. Allgemein können wir auch mehr als zwei Stromkreise anordnen. Wir sprechen daher von Mehrphasensystemen. Unter ihnen zeichnet sich besonders ein System von drei Stromkreisen aus, das jedoch nicht mehr als dreier Leitungen bedarf, weil jede Leitung gleichsam zwei Stromkreisen angehört. Dies System nennen wir ein Drehstromsystem.

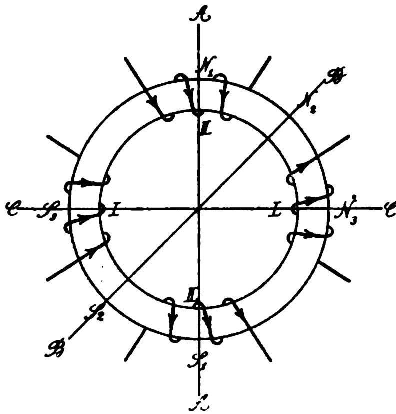


Fig. 12.

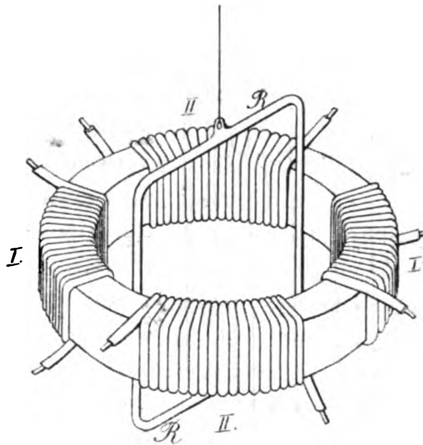


Fig. 13.

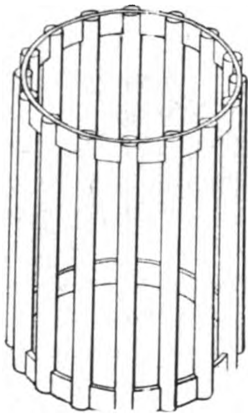
Ein Versuch, um dies zu erläutern, ist hier aufgebaut. Fig 13. Da die Pole im Ringe rotieren, so fühlt man an jeder Stelle des Ringes mit einem eisernen Schlüssel anziehende Kräfte, und zwar intermittierende, da die Kraft nur dann wirksam ist, wenn die Pole in der Nähe des Schlüssels sind. Bringe ich nun einen an einem Faden aufgehängten, in sich geschlossenen Kupferrahmen hinein, so fängt er an sich zu drehen. Natürlich kann der Rahmen nicht so schnell umlaufen wie die Pole, denn dann wäre keine relative Bewegung der Pole gegen den Rahmen vorhanden; er wird sich langsamer drehen, er hat eine Schlüpfung gegenüber den Polen. Bei guten Motoren ist diese Schlüpfung aber so gering, daß sie nahezu ebenso schnell laufen wie die Pole.

Kräftiger wird die Wirkung, wenn man den Kupferrahmen durch ein System von Stäben ersetzt, die alle durch zwei Kupferringe miteinander in Verbindung stehen, Fig. 14, und noch kräftiger, wenn man

Digitized by Google

dies System von Stäben an der zylindrischen Oberfläche eines Eisenzylinders anordnet. Man erhält dadurch einen überaus einfachen, sehr leistungsfähigen Motor. Die guten Eigenschaften dieses Motors haben dem Mehrphasenstrom und speziell dem Drehstrom ein sehr großes Anwendungsgebiet eröffnet.

Für Mehrphasenstrom erschien somit das Problem der Motoren bald gelöst; nicht so aber für den gewöhnlichen Wechselstrom, den man auch wohl als Einphasenstrom bezeichnet. Insbesondere erschien es schwierig, Motoren zu bauen, die auch schon beim Anlaufen große Kraft entwickeln. Das ist aber vielfach unbedingt nötig, z. B. beim Betriebe elektrischer Bahnen. Ja hier wird gerade beim Anfahren die stärkste Kraft verlangt. Man kann Motoren wie die für Mehrphasenstrom beschriebenen auch für Wechselstrom benutzen, indessen gerade bei diesen hapert es dann mit der Kraft beim Anlaufen. Man hat daher alte Versuche wieder aufgenommen, nämlich Motoren zu verwenden, die wie die Gleichstrommotoren einen Kommutator besitzen, und dank den Erfahrungen, die man inzwischen gesammelt hatte, ist es gelungen, auf diesem Wege gute Wechselstrommotoren herzustellen. Zwei Schwierigkeiten sind es, deren Überwindung viel Mühe gekostet hat. Die eine ist die Funkenbildung an den Stellen, wo die aus Metall oder harter Kohle hergestellten Schleifkontakte, die sogenannten Bürsten, auf dem Kommutator schleifen. Stärkere Funken aber zerstören in kurzer Zeit Bürsten und Kommutator, führen zu Betriebsstörungen und erheblichen Reparaturkosten. Die andere Schwierigkeit war die, daß die Motoren sehr groß und schwer, mithin sehr teuer und unökonomisch und für Bahnbetrieb unbrauchbar wurden. Die letzten Jahre haben gerade in dieser Hinsicht sehr große Fortschritte gezeitigt.


Fig. 14.

Nun werden Sie fragen, wozu die Vielheit der Systeme? Weshalb sucht man nicht eins aus, bei dem die stromerzeugenden Maschinen und die Motoren möglichst leicht, billig und gut ausfallen, ein System, das man dann ein für allemal benutzt? Ein Versuch wird uns auch hierüber am besten Aufschluß bringen.

Ich nehme 10 Glühlampen und schalte sie so, daß der elektrische Strom sich an einem Punkte in 10 gleiche Teile teilt, von denen jeder eine der Glühlampen durchfließt, und die sich hinter den Lampen wieder in einem Punkte vereinigen. Wir sagen dann, die Lampen seien parallel geschaltet. Nehmen wir an, jede Lampe werde von einem

Digitized by Google

Strom durchflossen, dessen Stärke wir gleich der Einheit setzen wollen, so ist der Gesamtstrom, der den 10 Lampen zufließt, gleich 10. Ich schalte jetzt die Lampen ein, wie Sie es an dem Aufleuchten erkennen. Aber Sie sehen zugleich, daß der Draht, der den Gesamtstrom führt, glühend wird. Von der elektrischen Energie geht ein großer Teil in den Zuleitungsdrähten verloren, er setzt sich in Wärme um und bringt den Draht zum Glühen. Die Wärme, die den Lampen zugute kommen sollte, geht zum Teil schon vorher verloren.

Nunmehr schalten wir alle Lampen in eine Reihe, so daß sie alle nacheinander von demselben Strom durchflossen werden. Schließen wir sie jetzt an eine geeignete Stromquelle, so daß sie ebenso hell wie vorher leuchten, so bleibt derselbe Zuleitungsdraht kühl. Er wird jetzt aber auch nur von dem zehnten Teil des Stromes durchflossen, der vorher hindurchging. Wir haben also keine merkbaren Verluste in den Zuleitungsdrähten mehr. Unsere Stromquelle muß dazu aber von anderer Beschaffenheit sein als vorher. Setzen wir ihre elektromotorische Kraft bei der ersten Schaltung gleich 1, so muß sie jetzt gleich 10 sein. Das entspricht dem zu Anfang entwickelten Gesetz der Leistung: diese setzt sich aus zwei Faktoren zusammen, die miteinander zu multiplizieren sind. Und in der Tat haben wir im ersten Fall die Stromstärke 10 und die elektromotorische Kraft 1; im zweiten Fall die Stromstärke 1 und die elektromotorische Kraft 10. In beiden Fällen ist das Produkt dasselbe, nämlich die Leistung 10. Um also elektrische Energie ökonomisch auf größere Entfernungen zu übertragen, muß man mit großen elektromotorischen Kräften oder, was auf dasselbe hinauskommt, mit großen Spannungen zwischen den Leitungen arbeiten. Je größer die Entfernungen sind, die wir überwinden wollen, um so größer muß die Spannung gewählt werden.

Ein Vergleich möge dies noch mehr verdeutlichen. Wir nehmen an, wir hätten 10 Wasserräder, jedes für einen Wasserverbrauch von 1 Kubikmeter in der Sekunde und eine Fallhöhe des Wassers von 1 Meter eingerichtet. Haben wir nun einen Fluß, dem wir 1 Meter Fallhöhe abgewinnen können und der uns 10 Kubikmeter Wasser in jeder Sekunde liefert, so können wir alle 10 Wasserräder nebeneinander setzen. Jedes erhält dann in der Sekunde 1 Kubikmeter Wasser bei 1 Meter Fallhöhe. Haben wir aber einen Bach, der in der Sekunde nur 1 Kubikmeter Wasser, dieses aber mit 10 Meter Fallhöhe liefert, so können wir das Tal abwärts die Wasserräder so aufstellen, daß das Wasser ein Rad nach dem anderen durchläuft und bei jedem Rade um 1 Meter fällt. Im ersten Fall braucht das Wasser ein großes Flußbett, im zweiten nur ein kleines. So braucht der schwache Strom nur einen dünnen Draht

Digitized by Google

und kann bei genügend hoher Spannung doch ebensoviel leisten wie der starke Strom bei niedriger Spannung, der aber zu seiner Fortleitung eines dicken Kupferdrahtes bedarf.

Hohe Spannungen sind lebensgefährlich, und wir dürfen sie zum mindesten nicht in unseren Wohnzimmern dulden. Sie eignen sich auch nicht zur direkten Erzeugung von Licht, weder mit Bogenlampen noch mit Glühlampen. Wir stehen also vor der Tatsache, daß wir nur Ströme von hoher Spannung wirtschaftlich fortleiten, sie aber im allgemeinen nicht direkt verwenden können. Wir müssen daher Mittel suchen, schwache Ströme von hoher Spannung, also großem Leistungsvermögen, in starke Ströme niedriger Spannung von demselben Leistungsvermögen, die ungefährlich und für Beleuchtungszwecke und den Betrieb kleiner Motoren geeignet sind, zu verwandeln.

Wir messen die Spannungen in Volt. Für Beleuchtungszwecke und kleine Motoren werden Spannungen von 110 oder 220 Volt benutzt, für die Fernübertragung aber sind Spannungen bis zu vielen Tausend Volt erforderlich.

Mit Gleichstrom ist die Umwandlung nur in der Weise möglich, daß man mit dem hochgespannten Strom Elektromotoren speist und mit diesen Motoren wieder Dynamomaschinen antreibt, die starke Ströme niedriger Spannung erzeugen. Es leuchtet ein, daß eine weitgehende Verteilung der elektrischen Energie an viele Konsumenten auf diese Weise unmöglich ist, weil jede Maschine Wartung und Bedienung verlangt. Weit überlegen solchen Maschinen sind jedenfalls ruhende Apparate, die an irgendeinem Orte aufgestellt werden, z. B. in Kellerräumen, in Anschlagsäulen auf den Straßen, auf Masten, und keinerlei Wartung und Bedienung bedürfen. Die Benutzung solcher Apparate gestattet uns der Wechselstrom in allen seinen Formen, also der Einphasen- und der Mehrphasenstrom, und darin liegt die Bedeutung und Unentbehrlichkeit dieser Systeme.

Wir wollen uns das Prinzip der Transformation des Wechselstromes durch einen Versuch, Fig. 15, klarmachen. Ich habe hier eine Spule I aufgestellt, so daß ihre Windungen in senkrechten Ebenen liegen. Diese Spule schließe ich an eine Wechselstromquelle an. Nun nehme ich eine zweite ebensolche Spule II, deren Enden ich an eine Glühlampe L schließe. Sobald ich nun die zweite Spule so an die erste heranschiebe, daß die horizontalen Achsen beider Spulen in dieselbe Gerade fallen, fängt die Lampe an zu leuchten, und zwar um so mehr, je mehr ich die zweite Spule der ersteren nähere. Die Wirkung wird wieder bedeutend verstärkt, wenn man durch das Innere der Spulen einen gemeinsamen Eisenkern steckt. Eine nähere Untersuchung zeigt,

Digitized by Google

daß auch in der zweiten Spule Wechselstrom fließt, und zwar mit ebensoviel Umkehrungen in einer bestimmten Zeit wie in der ersten Spule. Es entsteht also in der zweiten Spule eine wechselnde elektromotorische Kraft, und zwar eine um so größere, je mehr Windungen die zweite Spule besitzt. Setzt man die elektromotorische Kraft bei Anordnung einer einzigen Windung gleich der Einheit, so ist sie bei 100 Windungen gleich 100, bei 1000 Windungen gleich 1000 usw. Sie sehen, daß man theoretisch jede beliebig hohe elektromotorische Kraft herstellen kann. Praktisch sind uns jedoch, wie überall, Grenzen gesteckt. Je mehr Windungen aufgebracht werden sollen, um so dünner muß der Draht gewählt werden, wenn die Spule ihre Abmessungen behalten soll. Da-

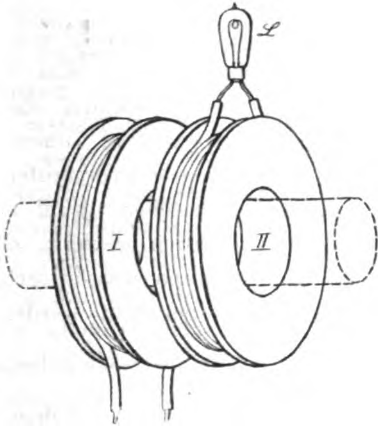


Fig. 15.

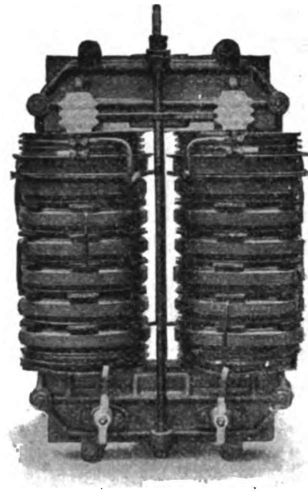


Fig. 16.

durch ist uns die eine Grenze gesetzt, zumal da der Draht isoliert werden muß. Wichtiger ist aber ein anderer Umstand. Je höher die Spannung, um so größer ist die Gefahr, daß die Elektrizität an irgendeiner Stelle die Isolation durchbricht. Bei hohen Spannungen muß man die besten Isoliermaterialien benutzen, die größte Sorgfalt in der Herstellung beachten und die Abmessungen groß wählen. Die wirksamsten Isoliermaterialien sind unter den festen Körpern Porzellan, Glimmer, Gummi, Wachs, Paraffin, unter den flüssigen Öl. Daher werden Transformatoren für hohe Spannungen häufig ganz unter Öl gesetzt.

Die Transformatoren, Fig. 16, bestehen in der Tat aus nichts weiter, als aus einem Eisenkern und zwei Spulengruppen, von denen die eine wenig Windungen starken Drahtes, die andere viel Windungen dünnen Drahtes besitzt. Sie verwandeln starken Strom von geringer Spannung in schwachen

Digitized by Google

Strom von hoher Spannung oder umgekehrt. Um ihre Wirkung zu zeigen, schicken wir den Strom einer Wechselstrommaschine von niedriger Spannung durch die dickdrähtige Spule eines Transformators. Die dünndrähtige Spule ist durch dünne Platindrähte mit der gleichen Spule eines zweiten Transformators, dessen dickdrähtige Spule mit den zehn Glühlampen verbunden, die nun wieder parallel geschaltet sind. Die Lampen leuchten hell, und die Platindrähte bleiben dunkel. Diese Anordnungen sind daher geeignet, elektrische Energie auf weite Entfernungen zu übertragen.

Aber kein irdisches Geschöpf arbeitet ohne Verluste. Keine Maschine und kein Transformator wandeln die ihm zugeführte Energie ohne Abzug in eine andere Form um. Es bleibt ein Verlust in der Maschine zurück, der sich in Wärme umsetzt und die Temperatur der Maschine steigert, genau wie beim Menschen, wenn er körperliche Arbeit verrichtet. Durch die Rotation der Maschinen ist uns ein Mittel gegeben, einen kräftigen Luftzug zu erzeugen, der die Maschine durchstreicht und sie immer wieder abkühlt. Trotzdem erwärmen sich die Maschinen nach längerem Betriebe sehr bemerkbar. Die Transformatoren sind ruhende Apparate, und der natürliche, durch ihre Erwärmung hervorgerufene Luftzug genügt nur bei geringeren Größen, sie hinreichend kühl zu halten. Größere Transformatoren werden daher künstlich gekühlt, sei es durch Preßluft, die ihnen zugeführt wird, sei es durch wasserdurchflossene Kühlschlangen, die in das Öl des Apparates getaucht werden.

III.

Nachdem wir so die Hauptgesetze kennen gelernt haben, auf denen die Erzeugung elektrischer Energie, ihre Übertragung und ihre Verwendung in Motoren beruht, wollen wir nun besprechen, wie die Kunst des Ingenieurs sie zum Bau großer Anlagen benutzt hat.

Wollen wir die in den Brennmaterialien aufgehäufte Energie nutzbar machen, so müssen wir jene verbrennen. Dies kann außerhalb oder innerhalb der Maschine geschehen; außerhalb findet es bei der Dampfmaschine, innerhalb bei den Gasmotoren statt. Wir verfeuern die Kohle unter Dampfkesseln und leiten den dadurch gewonnenen Dampf zu den Dampfmaschinen oder Dampfturbinen. Die Dampfturbine hat gerade in elektrischen Anlagen große Vorteile vor der Dampfmaschine voraus. Ihre Bewegung ist wie die der Dynamomaschine eine Rotation, daher gestaltet sich die Übertragung der Bewegung der einen Maschine auf die andere besonders einfach. Die Dampfturbine beansprucht wenig Raum, nur ein geringes Fundament, weil keine schwingenden Teile vorhanden sind, sie bedarf nur wenig Öl zur Schmierung und wenig Bedienung und hat

Digitized by Google

eine sehr gute Regulierung. Ihre hohe Umlaufszahl hindert nicht die direkte Kuppelung mit der Dynamomaschine, weil diese sich für gleich hohe Umlaufszahlen bauen läßt. Daher hat die Dampfturbine für große Leistungen der älteren Kolbendampfmaschine in den Elektrizitätswerken den Rang abgelaufen.

Auch mit den Kolbendampfmaschinen pflegt man die Dynamomaschinen, wo es irgend angeht, direkt zu kuppeln und Riemen- und Seilübertragung zu vermeiden. Stehende Dampfmaschinen verwendet man, wo der Grund und Boden teuer oder beschränkt ist, sonst zieht man der bequemeren Bedienung wegen meistens die liegende Bauart vor.

Wir unterscheiden bei einer Dampfzentrale die Kohlenbunker und die Wasserbeschaffungsanlage, das Kesselhaus und das Maschinenhaus mit der Kondensationsanlage zum Niederschlagen des verbrauchten Dampfes, den Dampfdynamos und der Schaltanlage. Die Anordnung wird so getroffen, daß eine bequeme Kohlenzufuhr vorhanden ist und die Kohlen auf kurzem Wege, vielfach direkt durch Kanäle, zu der Feuerung gelangen. An das Kesselhaus schließt sich, um lange Dampfleitungen zu vermeiden, das Maschinenhaus unmittelbar an. Wo der Raum beschränkt ist, werden wohl auch die Kessel in zwei Stockwerken übereinander angebracht oder die Kessel über dem Maschinenhaus, andererseits die Kohlenbunker über den Kesseln.

Wo in Hochöfen Roheisen gewonnen wird, werden in rasch steigendem Maße die Gichtgase der Hochöfen, die etwa 30% brennbare Gase, vor allem Kohlenoxydgas, enthalten, nachdem sie von Staub befreit worden sind, sowie die Abgase der Verkokereien benutzt, um Großgasmotoren zu betreiben. Mit Luft gemischt wird eine bestimmte Gasmenge direkt im Zylinder der Maschine verbrannt. Die Zündung erfolgt durch einen elektrischen Funken in dem Augenblick, wo der Kolben den Todpunkt soeben überschritten hat, und die expandierenden Verbrennungsgase treiben den Kolben vorwärts. Durch große Schwungräder, die oft einen Teil der Dynamomaschine bilden, wird der Gang der Maschine möglichst gleichförmig gemacht. Fig. 17 stellt die Anlage der „Consolidation", Bergwerks-A.-G., zu Schalke-Gelsenkirchen dar.

Ein Hochofen liefert je nach seiner Größe soviel Gichtgas, daß man damit außer dem Teile, der für Vorwärmung der Luft und für den maschinellen Betrieb des Hochofens nötig ist, noch 6 bis 12 Tausend Pferdestärken in Gasmotoren gewinnen kann. Und um so viel günstiger arbeitet der Gasmotor als die Dampfmaschine, daß man nur die Hälfte der Leistung erhalten würde, wenn man das Gas unter Dampfkesseln verbrennen und mit dem gewonnenen Dampfe Dampfmaschinen speisen wollte. Deshalb hat sich die Großgasmaschine in wenigen Jahren so

Digitized by Google

verbreitet, daß jetzt schon in deutschen Hüttenwerken etwa 500000 Pferdestärken dadurch gewonnen werden.

Bei den Wasserkraftanlagen unterscheiden wir solche mit hohem und mit geringem Fall, wenn auch natürlich keine scharfe Grenze zwischen beiden besteht. Bei den ersteren ist eine Fallhöhe von 30 bis 50^{m} häufig zu finden; es kommen aber auch viel größere Höhen vor. So beträgt die Höhe der Niagarafälle rund 50^{m}, die neuen Sillwerke bei Innsbruck arbeiten mit 182^{m}, die Kaiserwerke bei Kufstein mit 320^{m}, die Anlage bei Vouvry in der Nähe des Genfer Sees gar mit 950^{m}. Bei einer solchen Anlage, Fig. 18 (Titelblatt), wird das durch ein Stauwehr aus dem Bache abgeleitete Wasser in einem oft durch Stollen geführten Oberwassergraben zum Wasserschloß geführt, bei dem die steil zum

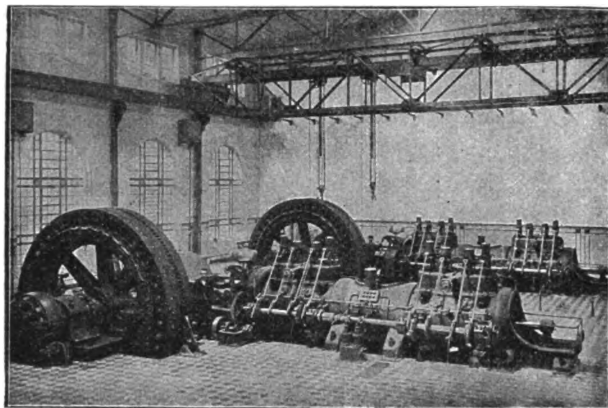


Fig. 17.

Maschinenhaus führenden Druckrohrleitungen beginnen. Das Wasser kann aber auch von hier über den oft terrassenartig angelegten Leerlauf unbenutzt zu Tal gelassen werden. Aus den Rohrleitungen tritt das Wasser unter starkem Drucke in die Turbinen, die mit den Dynamomaschinen direkt gekuppelt werden, und fließt dann durch den Unterwassergraben oder direkt dem Flusse wieder zu. Werke dieser Art findet man besonders im Gebirge.

Anders sieht die Anlage aus, wenn es sich um die Nutzbarmachung eines größeren Stromes mit geringem Gefälle handelt. Sie besteht dann aus einem durch den Strom gelegten Stauwehr mit seitlichem Umgehungskanal, der in Ober- und Unterwassergraben zerfällt. Zwischen beiden befindet sich das Werk. Ober- und Unterwassergraben können sehr kurz sein oder auch ganz fehlen. Insbesondere fehlen diesen Anlagen das Wasserschloß und die Druckrohrleitung. Das Stauwehr hindert

Digitized by Google

natürlich Schiffahrt und Flößerei; diese werden nur durch Schleusen oder Floßgassen ermöglicht. Die umfangreichen Wasserbauten verlangen ein großes Anlagekapital. Auch kann die Unterhaltung der Anlagen teuer werden, wenn häufig wiederkehrendes Hochwasser die Uferbauten oder das Wehr beschädigt oder scharfer Sand die Räder der Turbinen zerstört.

Wo andererseits für Flußregulierungen oder zur Schiffbarmachung der Flüsse Schleusenanlagen gebaut werden, kann das nach dem Betrieb der Schleusen noch verfügbare Wasser zum Betriebe von Turbinen benutzt werden. Mit der gewonnenen Energie können in erster Linie die Schleusen bedient werden; der dann noch verfügbare Teil kann anderweit, z. B. für Schleppschiffahrt, verwendet werden.

Eine besondere Abart der Wasserkraftanlagen sind die durch künstliche Talsperren geschaffenen. Die Talsperren dienen in erster Linie zur Regelung des Wasserabflusses und zur Verminderung der Hochwassergefahr sowie zur Wasserversorgung von Städten und kleineren Orten. Der Gewinn an Energie, der mit Hilfe des elektrischen Stromes nutzbar gemacht und verteilt wird, ist sekundärer Natur, aber natürlich sehr willkommen, um das aufgewendete Kapital besser nutzbar zu machen. Eine Anzahl Talsperren ist in Deutschland dank dem tatkräftigen Betreiben Intze's bereits ausgeführt, besonders im Wupper- und Ruhrgebiet, und für eine ganze Anzahl sind Projekte ausgearbeitet, so im Gebiet von Queis, Bober, Katzbach und Glatzer Neiße, im Harz und im Erzgebirge.

Die Sengbachtalsperre, Fig. 19, besitzt 36^{m} Stauhöhe und 3 Millionen cbm Fassungsvermögen und dient in erster Linie der Wasserversorgung der Stadt Solingen. Die Ennepetalsperre bei Radevormwald, deren Sperrmauer, Fig. 20, im Querschnitt zeigt, hat bei $34{,}9^{m}$ Stauhöhe 10 Millionen cbm Fassungsvermögen. Die bedeutendste Talsperre Deutschlands ist die Urfttalsperre bei Gemund in der Eifel mit $52{,}5^{m}$ Stauhöhe und 45,5 Millionen cbm Fassungsvermögen. Mit dieser einen Talsperre können bis zu 20000 Pferdestärken gewonnen werden. Das bereits gebaute Elektrizitätswerk hat eine Leistung von 12- bis 16000 Pferdestärken und verteilt die elektrische Energie in Form von Drehstrom von 35000 Volt weit über das Land bis Aachen. In Deutschland werden für größere Elektrizitätswerke zurzeit etwa 80 bis 100000 Pferdestärken aus Wasserkräften gewonnen. Weitere Anlagen im Gesamtbetrage von $1^{1}/_{2}$ Millionen würden ohne Schwierigkeiten ausführbar sein, sobald der Bedarf danach vorliegt. Besonders reich sind Oberbayern und der Oberrhein.

Im Maschinenhaus wird nun eine Anzahl in der Regel gleich großer Maschinen aufgestellt. Jede Antriebsmaschine ist mit ihrer Dynamo-

Digitized by Google

maschine direkt gekuppelt. Der Strom der einzelnen Maschinen wird zu der Schaltanlage geführt, die erhöht über dem Maschinensaal angeordnet und möglichst geräumig ausgeführt wird. Sie nimmt bei Hochspannungsanlagen häufig viel mehr Raum ein als die Maschinen, und wird dann wohl in einem besonderen, mehrstöckigen Anbau untergebracht.

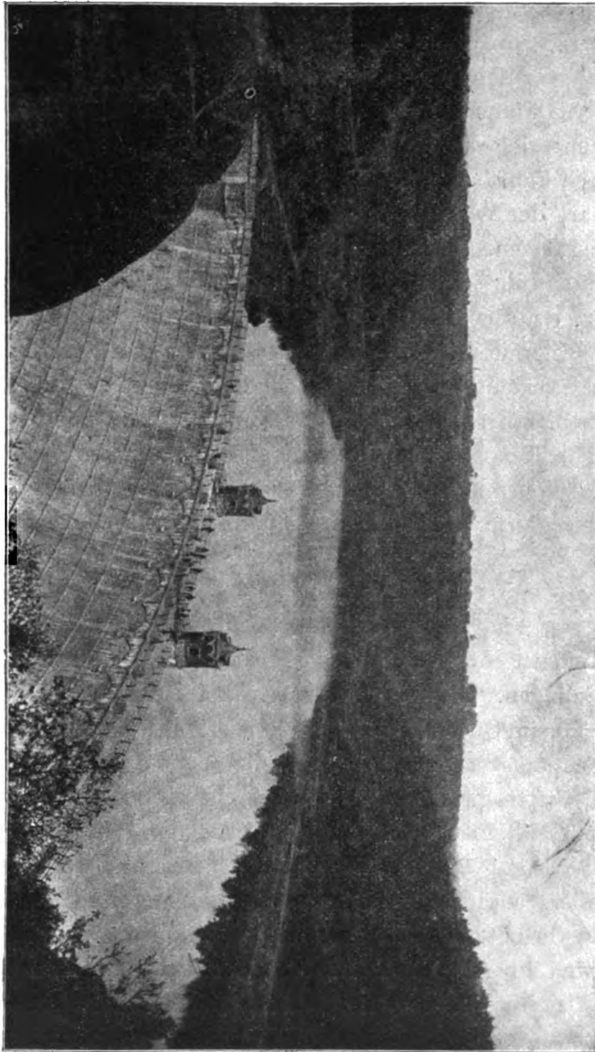


Fig. 19.

Von dem Maschinenhaus gehen die Leitungen, die entweder als Kabel in die Erde verlegt oder als Freileitungen auf Holz- oder Eisenmasten blank durch die Luft geführt werden, zu dem Konsumgebiet. Kabel werden bis jetzt nur für Spannungen bis 10000 Volt angewendet, darüber hinaus, aber auch in vielen Fällen bei niedrigeren Spannungen, die in der Anlage viel billigeren Freileitungen. In den Leitungen sollen größere Verluste vermieden werden, daher die hohen Spannungen, vor deren Anwendung man jetzt nicht mehr zurückschreckt. Mit der höchsten Spannung arbeitet in Deutschland die neue Anlage der Stadt München, nämlich mit 50000 Volt. Dabei muß verhütet werden, daß Elektrizität in namhafter Menge zur Erde entweicht, wozu die vielen Stützen der Leitungen tausendfache Gelegenheit bieten. In der Güte des

Digitized by Google

Materials und in der Ausbildung geeigneter Formen der Isolatoren, die die Leitungen zu tragen bestimmt sind, haben die Porzellanfabriken im letzten Jahrzehnt Außerordentliches geleistet. Aber die Leitungen bereiten noch andere Schwierigkeiten. Im Betriebe sind sie mit elektrischer und, da Ströme immer magnetische Wirkungen erzeugen, mit magnetischer Energie geladen. Verschwindet der Strom, z. B. durch eine Unterbrechung des Kreises, so muß auch die magnetische Energie verschwinden. Und da Energie nicht verloren gehen kann, so tritt sie

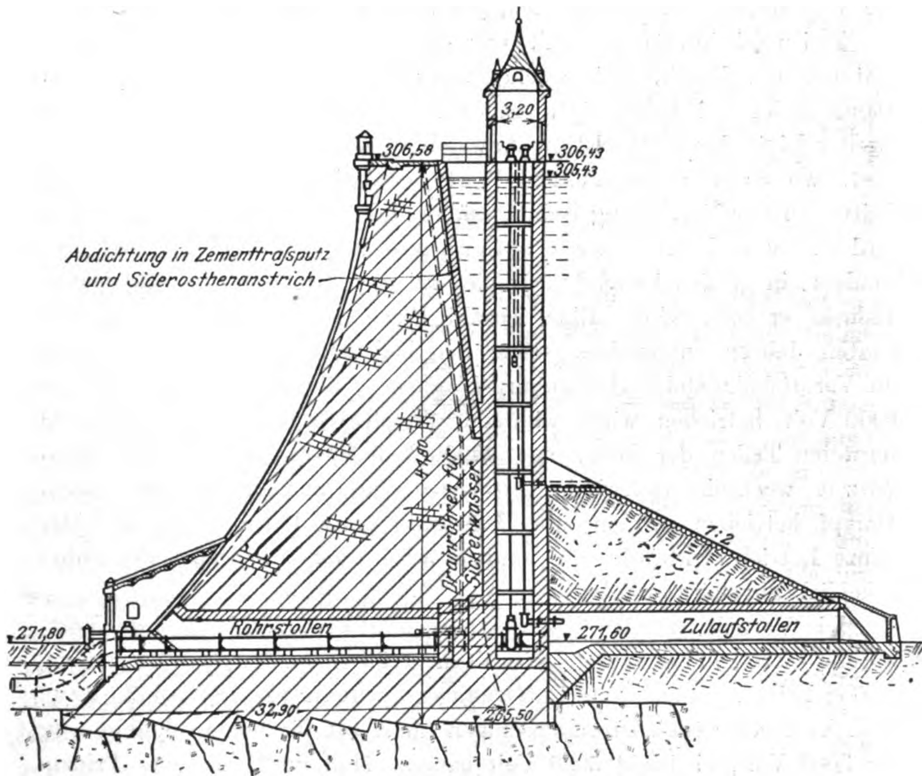


Fig. 20.

größtenteils als elektrische Energie der Ladung von sehr hoher Spannung in den Leitungen wieder auf, die an irgendwelchen schwachen Stellen die Isolation zu durchbrechen sucht. Die Gewitter und überhaupt die elektrischen Vorgänge in der Atmosphäre rufen ebenfalls in den Leitungen gefährliche Ladungen hervor. Gegen all diese Gefahren müssen wir die Anlage schützen. Es geschieht durch die Überspannungssicherungen, denen auf Grund unliebsamer Erfahrungen jetzt die größte Sorgfalt zugewendet wird.

Digitized by Google

Wechselstrom-Spannungen können wir bis zu 20000 Volt in Maschinen von gehöriger Größe direkt erzeugen. Braucht man noch höhere Spannungen, so wird die Maschinenspannung mittelhoch gewählt, zu 2000 bis 10000 Volt, und der Maschinenstrom durch Transformatoren in Strom von der gewünschten hohen Spannung umgewandelt. Man trägt keine Bedenken, vor den Toren der Stadt einmal auf mittelhohe Spannungen zu transformieren und innerhalb der Stadt den niedrigen Verbrauchsstrom durch nochmalige Transformation zu gewinnen, weil die Verluste, die dabei entstehen, jedesmal nur gering sind.

Beim Gleichstrom fehlt uns das bequeme Mittel der Transformatoren, um den Strom in solchen von anderer Spannung umzuwandeln. Daher findet bei hohen Spannungen in erster Linie der Drehstrom, in zweiter Linie der Wechselstrom Anwendung, und zwar der Wechselstrom dort, wo es von besonderem Werte erscheint, daß er nur zweier Leitungen zur Fortleitung bedarf, während der Drehstrom drei Leitungen fordert. Man kann daher erwarten, daß der Wechselstrom sich besonders ein großes Anwendungsgebiet bei dem Betriebe der elektrischen Bahnen erobern wird. Eine Anzahl Wechselstrombahnen ist in den letzten Jahren entstanden. Eine der bedeutendsten ist zurzeit wohl die Vorortsbahn Ohlsdorf-Hamburg-Blankenese, die mit Wechselstrom von 6000 Volt betrieben wird, während die elektrische Energie den entfernteren Teilen der Bahn mit 30000 Volt Spannung zugeführt wird. Zurzeit wechseln elektrisch getriebene Züge mit solchen, die durch Dampf betrieben werden, ab. Innerhalb eines Jahres etwa wird der ganze Betrieb elektrisch sein, und es wird dann die Dauer der Fahrt erheblich abgekürzt werden.

Die Vorteile, die der Gleichstrom ohne Frage hinsichtlich der Fortleitung bietet, haben andererseits dazu geführt, ihn für die Übertragung großer Leistungen auf weite Entfernungen anzuwenden. (System Thury.) Man kann aber Gleichstrommaschinen nicht gut für höhere Spannungen als 3000 Volt, vielleicht 5000 Volt bauen. Man muß also das Prinzip der Mühlen anwenden, die nacheinander von demselben Strom durchflossen werden, und eine größere Anzahl Maschinen in eine Reihe schalten, so daß sie derselbe Strom nacheinander durchläuft. Dasselbe muß man im Konsumgebiet mit den Motoren machen. Die Motoren können ihrerseits entweder direkt zu mechanischen Leistungen, wie zum Betriebe von Fabriken oder Spinnereien, verwendet werden, oder wieder Dynamomaschinen irgend welcher Art antreiben. Der Strom wird daher in diesem Falle nicht durch Transformatoren, sondern durch Doppelmaschinen umgewandelt. Alle diese Maschinen bedürfen der Wartung. Es leuchtet daher ein, daß dies System sich nur zur Über-

Digitized by Google

tragung elektrischer Energie von der Gewinnungsstelle zu einigen wenigen Verbrauchsstellen eignet; zu einer weitgehenden Verteilung der elektrischen Energie auf größere Gebiete wird immer Wechselstrom oder Drehstrom genommen werden. Daher ist es auch fraglich, ob dies System für den Betrieb elektrischer Bahnen angewendet werden wird. Immerhin hat es sich so gut bewährt, z. B. bei der Übertragung von St. Moritz im Rhônetal nach Lausanne, daß es bei der Ausschreibung für die große Übertragung von der Albula nach Zürich im vorigen Jahre neben dem Drehstromsystem zugelassen wurde. Die Freunde dieses Systems rühmen ihm nach, daß es gestatte, bei gleicher Beanspruchung des Isoliermaterials eine höhere Spannung als die Wechselstromsysteme anzuwenden, und sprechen von der Möglichkeit der praktischen Verwendung von 150000 Volt, während man bei den Wechselstromsystemen bis jetzt Spannungen bis zu 75000 Volt angewendet hat. Mit 150000 Volt ist die Grenze der wirtschaftlichen Übertragung etwa 600 km, also von Berlin bis Frankfurt a. M., bei 75000 Volt etwa halb so groß.

Nachdem die Entwicklung der elektrischen Anlagen mit der Beleuchtung von Bahnhöfen, Fabriken und mit dem Bau städtischer Zentralen um die Mitte der 80er Jahre begonnen hatte und die elektrische Kraftübertragung und die elektrischen Straßenbahnen mit Anfang der 90er Jahre gefolgt waren, hat sich die Elektrotechnik seit der Mitte der 90er Jahre das große Gebiet der Berg- und Hüttenwerke erobert. Eine mächtige Förderung erfuhr sie dabei durch die Ausbildung der Großgasmotoren, die durch die Ausnutzung der Abgase die Energie billig zu liefern gestattete, so daß nun die Verteilung durch den elektrischen Strom besonders vorteilhaft wurde. Man begann mit den Ventilatoren und den Wasserhaltungen in den Bergwerken. Die Aufstellung großer Dampfmaschinen unter Tage ist mit großen Unzuträglichkeiten verbunden. Die Dampfleitungen nehmen in den Schächten viel Raum ein, werden leicht undicht und geben zu großen Wärmeverlusten Anlaß, und bei den großen Dampfanlagen unter Tage herrscht oft eine unerträgliche Hitze. Auch erfordern sie viel Raum. Neben schnell laufenden Kolbenpumpen kommen jetzt auch rotierende Kreiselpumpen in Aufnahme, die besonders einfach sind und wenig Raum beanspruchen.

Es folgten Anfang dieses Jahrzehnts die Förderanlagen. Sie stellen an die Betriebssicherheit und die Regulierfähigkeit der Maschinen besonders hohe Anforderungen. Man muß imstande sein, ganz sanft anzufahren und anzuhalten, besonders wenn Personen befördert werden. Man muß die Förderschalen um kleine Höhen versetzen können, um die Wagen mit dem Fördergut in ihre einzelnen Etagen zu schieben oder aus ihnen herauszuziehen. Um den Schacht oder das Tragseil zu unter-

Digitized by Google

suchen, muß man imstande sein, beliebig langsam zu fahren. Da die Fördermaschinen große Leistungen beanspruchen und häufig angehalten werden, so wird von der elektrischen Zentrale bald ein sehr starker Strom, bald gar kein Strom verlangt, was auf deren Betrieb ungünstig einwirkt und ihre Anlage verteuert. Diese letzte Schwierigkeit tritt in noch größerem Maße beim Antriebe von Walzenstraßen auf, deren größte Ausführungen bis zu 12000 Pferdestärken verlangen. Die Überwindung dieser Schwierigkeiten ist in glänzender Weise durch die Einschaltung einer mit einer großen Schwungscheibe versehenen Doppelmaschine gelungen. Diese läuft dauernd und entnimmt der Zentrale an Leistung soviel, wie dem mittleren Verbrauch entspricht. Der Zentrale wird demnach durch den Motor der Doppelmaschine ein gleichbleibender Strom von mäßiger Stärke entnommen. Wird nun die Fördermaschine oder die Walzenzugsmaschine in Gang gesetzt, so gibt die Schwungscheibe die fehlende Energie her, indem sie ihren Gang verlangsamt und dabei den Stromerzeuger der Doppelmaschine antreibt. Wird dagegen die Förder- oder Walzenzugsmaschine stillgestellt, so wird die Leistung des Motors der Doppelmaschine benutzt, um die Schwungscheibe wieder in schnelleren Gang zu bringen. Diese, von Ilgner angegebene Anordnung wird mit einer von Ward Leonard vorgeschlagenen Schaltung vereinigt, die die Geschwindigkeit der betreffenden Maschine mit außerordentlicher Präzision einzustellen gestattet.

Auf dem Gebiete der Elektrochemie kommen besonders Verfahren der Großindustrie in Betracht, bei denen die Wärme benutzt wird, die der elektrische Strom entwickelt. Hierher gehört die Herstellung von Aluminium und Calciumkarbid, die Stahlerzeugung in elektrischen Öfen und die Gewinnung von salpetersauren Salzen aus dem Stickstoff der Luft. Für diese Betriebe ist ein sehr niedriger Preis der elektrischen Energie die notwendige Bedingung. Solche Betriebe siedeln sich daher vorzugsweise in unmittelbarer Nähe großer Wasserkraftwerke an, wo die Einheit der elektrischen Energie, die Kilowattstunde, die in Berlin 40 Pfg. für Lichtbetrieb und 14 Pfg. für Kraft kostet, für 2 bis zu $^3/_4$ Pfennig geliefert werden kann.

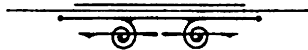
Ein weiteres Gebiet, das der Erschließung noch harrt, sind die Eisenbahnen. Der elektrische Betrieb der Fernbahnen liegt besonders in solchen Ländern nahe, die über reiche Wasserkräfte verfügen und an Kohlen arm sind; andere Länder werden erst dann folgen, wenn der elektrische Betrieb sich dem Dampfbetrieb an Wirtschaftlichkeit und Güte überlegen zeigen sollte.

Erst der elektrische Strom hat eine Fernübertragung und Verteilung der Energie in großem Maße möglich gemacht. Offenbar stehen wir erst

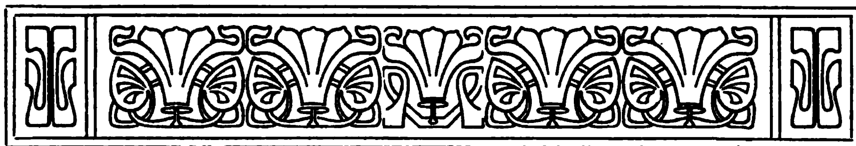
Digitized by Google

am Anfang einer Bewegung, die unser ganzes industrielles und wirtschaftliches Leben umzugestalten geeignet ist. Neuen Ländern, die, arm an Kohle, bisher abseits standen, ist die Möglichkeit geboten, in ungeahnter Weise in den internationalen Wettbewerb einzutreten. Starke Verschiebungen der industriellen Mittelpunkte sind möglich, und neue Zentren werden entstehen. Für unser Volk aber folgt daraus die Mahnung, nicht nachzulassen, sondern wie bisher in den vordersten Reihen zu kämpfen*).

*) Die Klischees für diesen Aufsatz sind von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, Berlin, von den Felten & Guilleaume-Lahmeyerwerken A.-G., Frankfurt a. M., und der Vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg freundlichst zur Verfügung gestellt.



Digitized by Google



Die Perlenbänke bei Ceylon
und die perlenerzeugende Krankheit.

Unter Benutzung der neuesten englischen und französischen Forschungen
von **Wilhelm Krebs** in Großflottbek.

In den ersten Jahren des neuen Jahrhunderts hat wissenschaftliche zoologische Arbeit Erfolge gezeitigt, die ohne weiteres nach Millionen von Mark ausdrückbar sind. Sie betraf das kostbarste Erzeugnis des Tierreichs, die Perlen, sie betraf diese in ihrem schon im Altertum hochgeschätzten Bezugsorte, auf den Perlmuschelbänken bei Ceylon. Seit 1891 hatten diese Bänke keinen Ertrag mehr geliefert. Im September 1900 setzte sich deshalb das britische Kolonialamt, auf den Rat der Royal Society und des Zoologen Ray Lankester, mit dem britischen Molluskenforscher Professor W. A. Herdman zu Liverpool wegen einer Untersuchung in Verbindung. Im Januar 1902 landete dieser mit seinem Assistenten J. Hornell in Colombo auf Ceylon. Herdman leitete die beiden ersten Forschungs- und Untersuchungsfahrten im Golfe von Manaar und beteiligte sich noch an der Auswahl eines geeigneten Gebäudes, des früheren Militärhospitales in Galle, für eine meeresbiologische Station. Er kehrte Ende März 1902 nach England zurück und hinterließ als Leiter der Station Mr. Hornell, der in der Folge zum Meeresbiologen der Regierung von Ceylon und zum Inspektor der Perlbänke ernannt wurde. Schon im November 1903 stellte sich wieder ein erheblicher Ertrag der Perlbänke ein, der der Regierung an Einkünften 829 548 Rupien brachte. „Große Perlfischereien“ folgten in den Jahren 1905 mit 2 510 727, 1906 mit 1 065 751 Rupien erreichenden Anteilen der Regierung, im ganzen mit 4406026 Rupien oder mehr als 8000000 Mark. Erhebliche Erträge werden auch für 1907 und 1908 erwartet. „Nach 1908 hängen die Aussichten ab von weiterer sorgfältiger wissenschaftlicher Inspektion, Ver-

Digitized by Google

pflanzung und Brutpflege, auf den Grundlinien, die nach und nach in diesem Bericht niedergelegt sind."

Der erwähnte Bericht ist ein stattliches, fünfbändiges Werk in Quartformat, das auf Anfordern der Kolonialregierung von der Royal Society in London herausgegeben ist. Es führt den Titel „Report to the Government of Ceylon on the Pearl Oyster Fisheries of the Gulf of Manaar, by W. A. Herdman, D. Sc., F. R. S., Professor of Natural History in the University of Liverpool. With supplementary reports upon the Marine Biology of Ceylon by other naturalists."

Die Ergänzungsberichte setzen sich zusammen aus 40 Monographien, 38 zoologischen, 1 botanischen und 1 geologischen, und einer Übersicht über die faunistischen Ergebnisse. Unter den Namen der 37 Mitarbeiter tritt uns auch ein deutscher entgegen, Dr. P. Mayer (Neapel), dem sich als Bearbeiter der Trematoden, im Hauptteil, noch Dr. M. Ließ (Königsberg) zugesellt. Unter den Mitarbeitern englischen Namens sind, nach den akademischen Graden zu urteilen, ältere und jüngere, sowie auch vier Damen vertreten.

In den 38 zoologischen Monographien sind 35 verschiedene Gruppen des Tierreiches, meist Klassen oder Ordnungen, bearbeitet. Zu ihnen treten in den Hauptteilen der Reports noch die Monographien, die die Margaritifera vulgaris, die Perlmuschel Ceylons, und die, welche ihre Parasiten, besonders Cestoden und Trematoden, betreffen. Bei den ersteren zeichnete Professor Herdman selbst; für den Bericht über Trematoden ist oben schon Dr. Ließ erwähnt. Die übrigen Parasiten der Perlmuschel, vor allem die Cestoden, fanden durch die Herren Hornell und Shipley wiederholte und sehr ausführliche Bearbeitung.

Das größere wissenschaftliche Interesse fällt natürlich diesen zoologischen Monographien zu. Die von Professor Herdman ausgeführte Diskussion der faunistischen Ergebnisse läßt den bedeutenden Wert dieser Beiträge zur faunistischen Erforschung des Indischen Ozeans erkennen. Wieder einmal hat eine wirtschaftliche Frage von großem materiellen Wert den Anlaß geboten, bei ihrer Lösung auch Schätze hohen wissenschaftlichen Wertes zu heben. Den Herren Herdman, Hornell und ihren Helfern darf die Anerkennung nicht versagt werden, daß sie über der ihnen gestellten meereswirtschaftlichen Aufgabe die von der Wissenschaft gesteckten höheren Ziele nicht vergaßen.

Nicht weniger als 2615 Arten der Meeresfauna wurden bestimmt und beschrieben, darunter 575, die für die Fauna der Erde, etwa 900, die für den Indischen Ozean und 1500, die für Ceylon neu waren. An neuen Genera mußten 65 aufgestellt werden. Eduard Sueß', von Alcock schon früher faunistisch begründete Anschauung von einem tertiären

Digitized by Google

Mittelmeere, das nach Westen bis zum Golfe von Mexiko, nach Osten bis zum Arabischen Meere reichte, fand insofern Bestätigung, als 90 Ceylonarten auch aus Westindien bekannt sind. In Wirklichkeit würde diese Übereinstimmung, jenseits der Südspitze Vorderindiens, schon auf eine Erweiterung jenes Mittelmeeres nach östlicher Richtung hindeuten.

In dieser Beziehung erscheint von besonderem Interesse die Verwandtschaft der singhalesischen Meeresfauna mit der malayischen und der pazifischen. Sie ist sogar größer in dieser östlichen Richtung als nach Westen hin. Mindestens 250 Ceylonarten erstrecken, nach Herdman, ihr Verbreitungsgebiet in die malayische, 300 in die pazifische Region, 280 bis zu den australischen Küsten, gegen 240 Arten finden sich im Roten Meere, 130 im heutigen Mittelmeere. Diese Vergleiche der Meeresfauna fordern eine Ausdehnung des tertiären Mittelmeerbeckens bis in die australasiatischen Gewässer hinein. Sie erweitern es über die ganze Zone der Mittelmeere, welche nach neueren statistischen Untersuchungen der Seismizität der Erde, die zu Lande von Graf de Montessus de Ballore, zur See vom Unterzeichneten zu Ende geführt sind, eine hervorragende erdgeschichtliche Bedeutung besitzt.

Von der Seeseite stellt sie sich dar als die annähernd in äquatorialer Richtung verlaufende Zone stärkster vulkanischer Erregung des Meeresgrundes. Ohne Zweifel besitzt diese Eigenschaft im Meere einen besonderen thermischen und schon deshalb auch klimatischen Einfluß. Jene Übereinstimmung der Fauna kann deshalb wenigstens teilweise aus klimatischen Gründen erklärt werden, um so mehr, als Erdkatastrophen auf die Ausbreitung überlebender Faunenreste eher günstig als ungünstig einzuwirken vermögen.

In diesem Blick erscheint die Ausbreitung der Seeperlmuscheln selbst nicht ohne Interesse. Ihre wichtigsten Gebiete liegen gerade innerhalb jener Zone der Mittelmeere. Von ihr aus dehnen sie sich allerdings über unverhältnismäßig große Meeresräume des Pazifik. Zu den allgemein bekannten Gebieten, wie sie auf Blatt 13 des Scobelschen Handelsatlas verzeichnet sind, treten hier noch, nach Untersuchungen des Unterzeichneten an Material der Jaluit-Gesellschaft, die Atolle der Marschall-Inseln und der Karolinen, in deren Binnenlagunen die echte Margaritifera vulgaris gefunden wird. Es tritt aber nach Dubois dazu auch der Golf von Gabes im heutigen Mittelmeere selbst. Dieser beherbergt eine ihr sehr nahe verwandte Spielart, wenn nicht eine identische Art von Seeperlmuscheln, die „Pintadine" genannt wird.

Besondere Aufmerksamkeit verdient deshalb ein Vergleich, den Herdman zwischen der Meeresfauna von Ceylon und den früher erforschten

Digitized by Google

Faunen der Malediven und des Mergui-Archipels an der Arakanküste anstellt. Beide Inselgebiete sind von Ceylon nicht allzuweit entfernt gelegen, am nächsten, mit kaum 400—500 Seemeilen Entfernung, die Malediven. Die Merguifauna stellt sich im allgemeinen als ähnlich, aber als viel ärmer heraus gegenüber der Ceylonfauna. Die einzige, an Artenzahl bei Mergui überwiegende Gruppe, die Aktinozoen, verdankten nach Herdman dieses Überwiegen einer besonderen Berücksichtigung der Korallen durch ihren Spezialforscher Prof. M. Duncan. Immerhin stellte sich das gleiche Verhalten auch zwischen den Aktinozoenfaunen der Malediven und Ceylons heraus, hier nach Herdman veranlaßt durch die auf den Malediven von J. Stanley Gardiner besonders studierten Madreporarien. Die tatsächliche Ursache jenes Überwiegens dürfte deshalb wohl darin gefunden werden, daß die Mergui-Inseln wie die Malediven in höherem Grade Koralleninseln sind, als die Kontinentalinsel Ceylon und seine wenigen Nachbareilande. Jedenfalls dankte auch die Makrurenfauna der Malediven ihre Überlegenheit über die Ceylons dem überwiegenden Vorkommen der Gattung Alpheus und ihrer Verwandten, einer Gattung, deren Vorkommen nach Herdman an das der Korallen gebunden zu sein pflegt.

Im übrigen treten in der Maledivenfauna die seßhafteren Gruppen an Artenzahl wesentlich hinter denen der Ceylonfauna zurück, während die pelagischen Gruppen und die aktiveren Arten der Küstentiere auch auf den Malediven zahlreich, nur wenige allerdings, wie die Medusen, Gephyreen und Cirripedien, in überlegener Zahl vertreten sind. In den verglichenen 18 Gruppen stellt Ceylon 1857, die Malediven nur 1297 Arten.

Herdman zweifelt nicht daran, daß die Malediven faunistisch im wesentlichen von Ceylon und Südindien aus bevölkert sind. Doch findet er, daß für manche, sonst als pelagisch bekannte Gruppen, besonders für Amphipoden und Isopoden, das zwischenliegende offene Meer schwerer zu überschreiten war, als die kurzen Zwischenräume in der australindischen Inselwelt. Auf diesen Grund dürfte überhaupt die erwähnte große Verwandtschaft der singhalesischen mit der malayischen und australischen Meeresfauna zurückzuführen sein.

Leider fehlt hierfür der statistische Anhalt, da in dem neuen Ceylonwerk verabsäumt ist, die mit der Malediven- und der Merguifauna gemeinsamen Arten ebenso aufzuzählen, wie die mit der malayischen und australischen Fauna gemeinsamen Arten. Auch würde das wünschenswerte Nachholen dieser Arbeit sehr erleichtert werden durch einen vollständigen Index der Ceylonfauna, ähnlich dem von J. St. Gardiner in vol. II suppl. II der Fauna and Geography of the Maldive and Laccadive Archipelagoes gebrachten Verzeichnis. Allein das Verwandtschafts-

Digitized by Google

verhältnis der Meeresfloren bei Ceylon und bei den Malediven ist in dieser Weise zahlenmäßig bearbeitet, allerdings auf Anregung Professor Herdmans.

Die Bearbeiterin der Meeresalgen Ethel S. Barton (Mrs. A. Gepp) stellte fest, daß von 23 Arten, die Gardiner bei den Malediven sammelte, mehr als die Hälfte früher für Ceylon erwähnt sind, daß aber gegenüber den 25 Algenarten der Herdmanschen Sammlung von Ceylon nicht mehr als zwei Arten gemeinsam gefunden werden konnten. Auch dieser Vergleich läßt demnach eine offene Frage übrig.

Die Bearbeitung der Hauptfragen nach den Lebensbedingungen der Perlmuschel und nach der physiologischen Entstehung der Perlen wurde in umfassendster Weise angegriffen und brachte auch in wissenschaftlicher Beziehung einen bedeutenden Fortschritt. Die Biologie der wertvollen Schaltiere wurde besonders von Hornell durch Züchtungsversuche in Aquarien, in hölzernen Tanks und im freien Meere aufgehellt. Um diese letzteren Versuche in erweiterten Ausmaßen zu ermöglichen, wurde im Jahre 1906 die meeresbiologische Station von Point de Galle und der Südküste Ceylons nach Trincomali an der Ostküste verlegt, wo eine weite, selbst schon mit Perlmuscheln besetzte Bai bessere Gelegenheit zu Versuchen bot. Auch hier wurden die Baulichkeiten eines früheren Hospitals, des Naval Hospital, zu diesem Zwecke herangezogen. Die Station soll erhalten bleiben und fernerhin auch anderen Gelehrten besonders meeresbiologische Arbeiten auch auf anderen Gebieten ermöglichen. Ihr Vorhandensein allein darf schon als bedeutender wissenschaftlicher Erfolg gelten.

Die Aquariumversuche dankten ihre günstigen Ergebnisse zum Teil einer von Hornell getroffenen technischen Verbesserung der Luftzufuhr in das stets durch ein Pumpwerk erneuerte Seewasser. Auch wurde schon in Galle Bedacht auf einen der Ernährung der Muscheln dienlichen Planktongehalt genommen. Erreicht wurde dieser durch Entnahme des Wassers unmittelbar bei einem lebenden Korallenriff.

Schon sehr bald gelang es, in diesen Behältern Perlmuscheln zum Laichen zu bringen. Es stellte sich heraus, daß die in Überzahl vorhandenen Männchen zur Beteiligung veranlaßt wurden, sobald Eier in ihre Nähe gebracht wurden. Diese rührten von zwei bis drei Jahre alten Weibchen her. Nach vier Stunden war die Zellteilung beendet und ein freischwimmender Embryo gebildet. Am Ende des zweiten Tages begann sich die Schale zu bilden, und wahrscheinlich schon vom dritten Tage an erfolgte die Festsetzung. Diese wird vermittelt durch die Fäden des Byssus. Sie ist in dem Sinne nur relativ, als die Byssusbüschel jedenfalls von jungen Tieren fahren gelassen und an einer

Digitized by Google

anderen Stelle neu gebildet werden können. Diese, mit Hilfe des sehr beweglichen Fußes ausgeführten Wanderungen führten in einem Falle innerhalb zwölf Stunden 27 Zoll (686 mm), in einem anderen Falle innerhalb sieben Minuten sogar 3¼ Zoll (83 mm) weit. Die Wanderung in diesem Falle war noch dazu ein Emporklimmen in senkrechter Richtung, an der Scheibe eines Aquariums.

Die Beweglichkeit ist den jungen Perlmuscheln notwendig, um der größten der ihnen drohenden Daseinsgefahren zu entgehen, der Verschüttung in Sand. Während der sommerlichen Monsunzeit des Jahres 1902 wurde durch sie beispielsweise die ganze Besetzung der westlichsten Perlbank, des Periya Paar, nicht weniger als 100 Milliarden junge Muscheln, völlig vernichtet. Aus diesem Grunde pflegen sich diese auch gar nicht auf bloßem Sandboden anzusiedeln. Ihre hauptsächlichsten Wohnstätten, die eigentlichen Perlenbänke des Golfes von Manaar, sind die Paar genannten Stellen harten Grundes, die zumeist aus einer Kalksteindecke neuester Bildung bestehen. Doch können auch künstlich, durch cultching, das ist durch Versenkung fester Gesteinsbrocken, Perlmuschelkolonien begründet werden.

Die Paars liegen bei Ceylon sämtlich auf der Küstenstufe, innerhalb der 10-Faden-Linie. Sie müssen gleicherweise vor der Nahrungskonkurrenz lebender Korallenkolonien, wie vor der aktiven Invasion zerstörender Schwämme, Seesternscharen, Krabben, Kopffüßler, bohrender Würmer und Gastropoden geschützt werden. Ihre gewaltigsten Feinde, die schalenzerbeißenden Rochen und Kofferfische, besonders Arten von Rhinoptera und Balistes, sind dagegen gerngesehene Gäste, wenigstens für den perlenzüchtenden Menschen. Denn nach den Untersuchungen Herdmans und Hornells ist ihre Anwesenheit wünschenswert für die eigentliche Aufgabe der Perlmuschelbänke, die Bildung der großen, für menschlichen Schmuck hochgeschätzten Perlen.

Die Bildung von Perlen überhaupt kann bei Margaritifera vulgaris nach Herdman und Hornell auf vier verschiedenen Wegen geschehen. Perlmutterauswüchse, die ausnahmsweise auch zu freiliegenden Perlen werden können, werden hervorgerufen durch bohrende Schnecken, Würmer, Schwämme u. dgl. Ausnahmsweise, besonders wenn die Muschelschalen durch Abbrechen der ohrförmigen Fortsätze beschädigt sind, geben auch Sandkörnchen oder andere anorganischen Körperchen Anlaß zur Perlbildung. Kleine Perlen entstehen oft in großer Zahl an den Ansätzen der Muskeln, besonders der Schließmuskeln, in der Umgebung winziger Kalkkonkretionen. Die eigentlichen „feinen Perlen“ oder „Orientperlen“ des Handels entstehen aber allein als perlmutterig verkalkte Kapseln abgestorbener Wurmparasiten, die von

Digitized by Google

den englischen Forschern erkannt sind als die ersten Jugendformen von Cestoden.

Mit dieser Entdeckung der Jahre 1902 bis 1904 war einer der wunderbaren Kreisläufe in der Geschichte menschlichen Wissens geschlossen. Was Dichter ahnten und was mit nicht minder entwickelter Anschauungskraft der erste europäische Forschungsreisende des ostindischen Perlengebietes erschloß, hatte sich so als volle Wahrheit herausgestellt.

„Daß sie die Perle trägt, das macht die Muschel krank. . . .“
Dieser Vers Friedrich Rückerts entstammt möglicherweise uralten indischen Poesien, da andere Perlensprüche des gleichen Dichters von einer sehr genauen Kenntnis spezifisch indischer Bräuche zeugen, die sich seit Jahrtausenden im Perlenhandel behauptet haben. Mit aller wünschenswerten Genauigkeit ist aber die Art der Perlenkrankheit in dem jedenfalls mehr als zwei Jahrtausende alten Gutachten enthalten: ἡ δὲ λίθος γίνεται ἐν τῇ σαρκὶ τοῦ ὀστρέου ὥσπερ ἐν τοῖς συείοις ἡ χάλαζα. „Das Juwel entsteht im Fleische der Muschel, wie in den Schweinen die Finne.“ Dieses Gutachten entstammt einem altgriechischen Indienfahrer, dem Androsthenes, und ist in den Tischgesprächen des Athenäus, Buch 3 Kapitel 14, nach Aristoteles und Theophrast, aber vor der Geschichte des Alexanderzuges von Chares von Milet, erwähnt. Androsthenes war demnach wohl ein Zeitgenosse Alexanders des Großen. Die Wandlung der scholastischen und wissenschaftlichen Anschauungen über das Entstehen der Perlen ist im fünften Bande des neuen Ceylonwerkes, S. 3, sehr übersichtlich in Tabellenform zusammengestellt. Auch sie lassen nach der gleichen Quelle geschichtliche Ergänzungen zu.

Die irrigen altrömischen Anschauungen, von denen auch die mittelalterliche Scholastik beherrscht wurde, scheinen auf wirkliche altgriechische Beobachtungen zurückzuweisen. Plinius erklärte die Perlen aus Süßwassertropfen, die in das Meer und die Muscheln gerieten, Älian aus Blitzen, die in diese schlugen. Ein anderer griechischer Schriftsteller des alexandrinischen Zeitalters, Isidoros, den ebenfalls Athenäus zu Worte kommen ließ, hatte aus Parthien berichtet, daß die Perlbildung nach anhaltenden Gewittern und Regengüssen besonders ergiebig sein „soll“.

Ein anderer antiker Zeitgenosse Alexander des Großen, der eben erwähnte Chares selbst, griff auch der Erkenntnis der Muskelperlen vor, indem er die Perlen als weiße Knöchelchen (ὀστᾶ λευκά) der Muscheln bezeichnet.

Die wirtschaftlich bisher wertvollste Entdeckung des neuen Jahrhunderts bietet Gelegenheit, auch von der biologischen Seite dem Scharf-

Digitized by Google

sinn und der Beobachtungsgabe der antiken, von altrömischem Aberglauben noch nicht verdorbenen Wissenschaft Anerkennung zu zollen.

Ihre Erfolge sind von denen der modernen Biologie nur graduell verschieden. Ganz entschleiert ist auch jetzt das Rätsel der Perlbildung nicht. Herdman, Hornell und dessen Helfer auf dem Spezialgebiete der Parasitenforschung Shipley, fanden in echten Perlen unverkennbare Reste von Cestodenlarven. Sie fanden alle Entwicklungsstadien dieser Larven bis zu einer vollkommeneren, die vier Rüsselanlagen eines Tetrarhynchus zeigenden Form, in häutigen Cysten des Muschelleibes verkapselt. Diese vollkommenere Form fanden sie eingekapselt wieder im Körper des Kofferfisches, Balistes mitis Bunett, der von dem größten der Paars, dem Cheral Paar, den Eingeborenen wohlbekannt ist als „Kilati". Die fertigen, geschlechtsreifen Ketten dieses Tetrarhynchus, der den Artennamen unionifactor von Shipley und Hornell erhielt, wurden in Rhinoptera javanica, Müll. u. Henle, dem „Valvadi tirikkai" der tamilischen Fischer, nach seinem Auftreten auch Herdenrochen genannt, vorgefunden. Sie kommen schwarmweise im Magen, besonders am Pförtnerende vor und fehlten in keinem der auf den Perlbänken gefangenen Rochen jener Art.

Unsicher ist die Deutung freischwimmender Cestodenlarven, die auf einer der Perlbänke, dem Muttuvaratu Paar, gefunden wurden, auf die dem Finnenstadium vorgängige Entwicklungsstufe des Tetrarhynchus. Unsicher ist ferner die Überleitung der einen Form des Tetrarhynchus in die andere, da natürlich Züchtungsversuche vorerst nicht gemacht werden konnten. Es ist noch nicht einmal vollkommen klar, ob die Kilatis eine notwendige Zwischenform des Wurmes beherbergen. Hornell und Shipley legen in ihrer Beschreibung der parasitischen Cestoden und Nematoden sogar ausdrücklich Wert darauf, daß zweifellos die Finnenformen in den Perlmuscheln mit diesen von Rhinoptera javanica verschlungen wurden. (Bd. 5, S. 66.) Ferner aber kommen ohne Zweifel zum mindesten zwei Arten einander sehr ähnlicher Cestodenlarven in den Geweben der Margaritifera vor, eine große von 0,9, eine kleine von 0,14 Millimeter Durchmesser. Und vor allem verwandelt sich der größte Teil der Finnen von beiderlei Größe gar nicht in Perlen, sondern bleibt am Leben, um in einem andern Wirt seine Entwicklung fortzusetzen.

Die Ursache dieses verschieden n Verhaltens hat schon weitere Untersuchungen veranlaßt. Sie führten zu zwei verschiedenen, einander bisher widersprechenden Schlüssen. Nach Giard wird die Perlbildung erst durch das Absterben der Finnen verursacht, und dieses Absterben soll eine eigene Kontre-Infektion zur Voraussetzung haben mit dem

Digitized by Google

gregarinenähnlichen Sporozoen Glugea. Herdman und seine Schule sind dagegen geneigt, der zufälligen Mitnahme von Ektodermzellen durch die eindringende freie Larve die ausschlaggebende Bedeutung beizumessen. Jedenfalls geht die Perlmutterablagerung, die für die Erzeugung der Perlen notwendig ist, immer von einer sackartigen Umhüllung der Kapsel aus, deren Gewebe histologisch mit dem des Ektoderms identifiziert werden konnte.

Giard stützte sich auf die Untersuchung der Perlbildung in einer anderen Spielart der Margaritifera vulgaris. Diese Forschungen wurden von dem französischen Zoologen Dr. L. G. Seurat an Margaritifera vulgaris var. Cumingi, der Perlmuschel der französischen Oceanie, zu Rikitea auf Mangareva im Gambier-Archipel, ausgeführt. Auch hier wurden Cestoden-Finnen als die Vermittler der Perlbildung gefunden, den singhalischen sehr ähnliche Larvenformen von mittlerer Größe, durchschnittlich 0,25 mm im Durchmesser. Seurat spricht sie als Larven eines Acrobothrium oder Tylocephalus an. Doch halten Herdman und Hornell ihre Zugehörigkeit zur Gattung Tetrarhynchus für wahrscheinlich (Bd. 2, S. VI, Bd. 5, S. 20). Jedenfalls sind es Cestodenlarven. Durch diese, gleichfalls im Jahre 1902 zuerst gemachte Entdeckung wurde diejenige der Ceylonforscher sehr bald bestätigt. Dasselbe galt von den Perlmuscheln des Roten Meeres, bei denen Croßland im Jahre 1905 den Nachweis der Perlbildung durch Cestodenlarven führte.

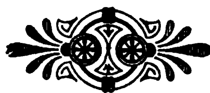
Die Perlbildung der eigentlichen Seeperlmuscheln wurde so in Einklang gesetzt mit der der Anodonta. Bei dieser hatte schon in den Jahren 1852 bis 1856 der italienische Zoologe Filippi die Beteiligung von Distomum-Larven als maßgebend nachgewiesen. Der gleiche Zusammenhang wurde schon im Jahre 1871 von Garner auf die europäische Seeperlmuschel, Mytilus edulis, ausgedehnt. Im Jahre 1903 soll es dem französischen Zoologen Dubois sogar gelungen sein, Margaritifera von Mytilus aus mit perlbildenden Distomen zu infizieren. Das geschah an „Pintadinen", der sonst sehr perlenarmen Abart der Margaritifera vulgaris, die im Golf von Gabes vorkommt, durch Verpflanzung in eine reichlich infizierte Kolonie von Mytilus gallo-provincialis im Marine-Laboratorium zu Sfax. Endlich sind in der sonst von Cestoden infizierten Placuna placenta Ceylons von Hornell im Jahre 1906 auch Distomidenlarven in Zusammenhang mit Perlbildung vorgefunden worden.

Daraus geht eine ungemein mannigfaltige Möglichkeit der infektorischen Anregung zur Perlbildung hervor. Für die Bewirtschaftung der altbewährten ceylonischen Perlbänke brauchte sie natürlich nicht in Betracht gezogen zu werden. Auch die europäische Tauchertechnik wurde nicht in Anwendung gebracht. Neu eingeführt wurde nur das Dredschen

Digitized by Google

zur Untersuchung, Säuberung und Lichtung der Bänke und zur Förderung des Verpflanzens von Muschellaich und Jugendstadien, sowie das Vorbereiten geeigneter Ansiedelungspunkte durch Ausstreuen von Steinbrocken über weichen Grund.

Der Erfolg dieser Maßnahmen und der sachgemäßen Dirigierung der Fischerei innerhalb der ersten drei Jahre ist durch den eingangs erwähnten Geldwert zahlenmäßig ausgedrückt.



Digitized by Google



Zur Photographie von Wärmestrahlen.

Es ist eine dem Photographen durchaus geläufige Tatsache, daß verschiedene Entwickler bei niederer Temperatur nicht auf die photographische Platte einwirken, daß also eine belichtete Platte, in einen solchen kalten Entwickler gebracht, keine Schwärzung der belichteten Stellen erfährt. Entfernt man dann nach einiger Zeit die Platte aus dem Entwickler und läßt sie stellenweise von Wärmestrahlen getroffen werden, so wird sie an ebendiesen Stellen geschwärzt, während die übrige Fläche klar bleibt. Wie überaus empfindlich dieses Verfahren ist, hat Herr J. Zenneck an einigen Beispielen gezeigt, die er der Abteilung für Physik auf der Stuttgarter Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte vorgeführt hat.

Im ersten der drei vorgeführten Fälle diente ein Topf mit nahezu kochendem Wasser als Wärmestrahlungsquelle. Diese Strahlungsquelle wirkte aus einer Entfernung von ungefähr 10 cm auf die zuvor mit kaltem Entwickler behandelte Platte. In den Strahlengang war ein Diaphragma gebracht, aus welchem ein *W* ausgeschnitten war. Die Platte zeigte nach der Bestrahlung ein scharfes schwarzes Bild des Ausschnittes.

Weit interessanter noch ist der zweite Versuch, aus welchem deutlich die Verschiedenheit der Wärmedurchlässigkeit von Glas und Hartgummi hervorgeht. Vor der Platte befand sich ein Blechschirm mit einem rechteckigen und einem halbkreisförmigen Ausschnitt. Das Rechteck wurde mit einer Hartgummiplatte, der Halbkreis mit einer Glasscheibe abgedeckt. Die Bestrahlung erfolgte durch die Wärmestrahlen eines Topfes mit heißem Öl oder heißem Blei. Es zeigte sich auf der Platte ein sehr deutliches Bild des Rechtecks, während das Bild des Halbkreises kaum sichtbar war. Wird statt dieser Strahlungsquelle eine Lichtquelle benutzt, so werden naturgemäß die Verhältnisse gerade umgekehrt. Während die kurzwelligen Strahlen das Glas leicht, die Hartgummiplatte hingegen nicht durch-

Digitized by Google

dringen, gehen die langwelligen durch Hartgummi fast ungehindert hindurch, erleiden dagegen in Glas eine sehr starke Absorption.

Beim dritten Versuch wurde eine direkte Abbildung des strahlenden Objektes erzielt. Als solches diente eine V-förmige Röhre, die von heißem Öl durchflossen wurde. Ein Hohlspiegel entwarf ein möglichst scharfes Bild dieser Röhre auf die zuvor belichtete und in kaltem Entwickler gebadete Platte. Die Röhre wurde auf der Platte deutlich abgebildet. In einzelnen Fällen ist es Herrn Zenneck auch gelungen, auf diese Weise das Bild einer von Wasserdampf durchströmten Röhre zu erhalten.

Hinsichtlich der Plattensorte bemerkt Herr Zenneck, daß sich Platten mit dicker Gelatineschicht für diese wärmephotographischen Versuche besonders gut eignen; die Versuche gelingen aber mit beliebigen Platten. Als Entwickler wurden Glycin und Hydrochinon mit Erfolg benutzt. Mit Rodinal hat Herr Zenneck noch keine Versuche angestellt, glaubt indessen, daß auch dieser Entwickler gute Resultate ergeben würde.

Um gute Ergebnisse zu erzielen, empfiehlt Herr Zenneck, die Platte vor der Belichtung bereits in warmem Entwickler zu baden. Durch diese Vorbehandlung erreicht man, daß sich die Gelatineschicht vollständig mit dem Entwickler vollsaugt, was bei kaltem Entwickler sonst nicht gelingt. Nach der Behandlung mit warmem Entwickler soll dann die Platte in den kalten Entwickler gebracht und danach belichtet werden. Dann ist sie für die Wärmestrahlen empfindlich. Herr Zenneck empfiehlt weiter, einer Erwärmung der ganzen Platte bei der Bestrahlung mit Wärmestrahlen dadurch vorzubeugen, daß man die Platte in einen kleinen, rings von Eis umgebenen Kasten legt und in diesem exponiert.

Dieses Verfahren dürfte sich vortrefflich für einen Demonstrationsversuch zum Nachweis der Diathermanität lichtundurchlässiger Stoffe eignen. Mi.



Eine einfache Vorrichtung, verschüttetes Quecksilber wieder zu sammeln.

Ein im Laboratoriumsbetriebe ebenso häufiges wie störendes Vorkommnis ist das Verschütten von Quecksilber, dessen Wiedereinfangen oft überaus schwierig, ja oft sogar unmöglich ist, zumal wenn sich die Quecksilberkügelchen in die Fugen der Fußbodendielung verkriechen. Man hat dann nicht nur den Verlust des immerhin kostspieligen Materials

Digitized by Google

zu beklagen, sondern es wird auch durch die Quecksilberdämpfe eine gewisse Gefahr für den Experimentator wie für die Apparate geschaffen. Unter diesen Verhältnissen erscheint eine sehr einfache Vorrichtung von Nutzen, welche Herr Will C. Baker im Phil. Mag. (6) 13, 656, 1907 beschreibt. Diese Vorrichtung ist im Grunde nichts anderes als eine umgekehrt wirkende Spritzflasche: In einen einfachen Kolben werden durch einen Gummistopfen mit doppelter Bohrung zwei kurze Glasröhren eingeführt. Die eine dieser Röhren steht durch einen Druckschlauch mit einer Wasserstrahlsaugpumpe in Verbindung, die andere durch ein kurzes Schlauchstückchen mit einer weiteren kurzen Glasröhre, deren anderes Ende zu einer langen Kapillaren ausgezogen ist. Die Arbeitsweise dieses Apparates ist leicht verständlich: Die Pumpe wird in Tätigkeit versetzt und das freie Ende der Kapillaren einem Quecksilbertropfen genähert. Sogleich wird der Tropfen in den Kolben hineingesogen. Herr Baker empfiehlt, das Ende mit der Kapillaren von Zeit zu Zeit anzuheben, um das in dieser und in dem Schlauchstückchen angesammelte Quecksilber in den Kolben hineinfließen zu lassen. Die Kapillare läßt sich natürlich beliebig fein ausziehen, so daß es ohne große Schwierigkeit möglich ist, Quecksilber selbst aus solchen Fugen und Rissen hervorzuholen, die noch nicht die Breite eines halben Millimeters haben. Dann wird allerdings die Mündung der Kapillaren öfters durch Staub und Schmutz verstopft werden und damit die Tätigkeit des Apparates unterbrochen werden. Herr Baker hält es deshalb für zweckmäßig, die Kapillare anfänglich etwa 10 bis 15 cm lang zu wählen, und bei eintretender Verstopfung einfach ein 4 bis 5 mm langes Stückchen am Ende abzubrechen, wodurch dann die Vorrichtung sofort wieder betriebsfähig werden wird. — Es bietet natürlich keine Schwierigkeiten, das Quecksilber hernach durch Filtrieren wieder von dem mitgerissenen Staub und Schmutz zu befreien. — Eine Wasserstrahlpumpe, Druckschlauch und die nötigen Glasteile sind wohl überall vorhanden, so daß in jedem Laboratorium Gelegenheit geboten ist, die verschütteten Quecksilbermengen, mit höchstens sehr geringen Verlusten, kostenlos wieder einzusammeln. Mi.



Eine neue Vergleichung der in verschiedenen Ländern gebräuchlichen Einheiten für die Lichtstärke.

Für die gesamte Beleuchtungsindustrie ist eine sicher festgelegte Einheit der Lichtstärke von weittragendster Bedeutung. Leider ist ein einheitliches Maß in den verschiedenen in Betracht kommenden Kultur-

Digitized by Google

ländern noch nicht eingeführt. Von verschiedenen Kongressen ist zwar die allgemeine Zugrundelegung der Hefnerkerze befürwortet worden, indessen ist dieser Beschluß in der Praxis keineswegs zu allgemeiner Durchführung gekommen, teils wegen der ziemlichen Abweichung dieser Einheit von der bislang in manchen Ländern üblichen, teils auch, weil die genaue Wiederherstellung dieser Einheit doch nicht mit genügender Sicherheit gewährleistet ist. In Deutschland ist die Hefnersche Amylacetatlampe als Vergleichseinheit üblich, in England und den Vereinigten Staaten bedient man sich der Britischen Normalkerze (British parliamentary candle) als Grundeinheit und der Harcourtschen (10kerzigen) Pentanlampe als größerer Einheit; in Frankreich endlich ist die Carcellampe mit 9,6 Dezimalkerzen (bougies décimales) im Gebrauch. Als Umrechnungsfaktor zwischen der Hefnerlampe und der Britischen Normalkerze wird der Wert $\frac{\text{Hefnerkerze}}{\text{Britische Kerze}} = 0{,}88$ benutzt.

Herr Edward P. Hyde vom National Bureau of Standards zu Washington hat nun eine eingehende Vergleichung dieser Einheiten vorgenommen. Zu diesem Zwecke bediente er sich einer Reihe von Glühlampen, 18 Stück, welche zunächst am National Bureau of Standards sorgfältig geeicht und verglichen wurden. Dann reiste Herr Hyde mit diesen Lampen, wie er im Bulletin of the Bureau of Standards 3, 65 bis 81, 1907 berichtet, nach London, wo sie im National Physical Laboratory abermals photometriert wurden, und woselbst sechs von ihnen zur Kontrolle bis zur Heimreise zurückblieben, während die übrigen zwölf noch im Laboratoire Central d'Electricité in Paris und in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüft wurden. Schließlich erfolgte eine nochmalige Prüfung in London, darauf die Heimreise und eine erneute Messung in Washington. Dabei ergab sich nun zunächst eine überaus gute Übereinstimmung zwischen den an den einzelnen Instituten unter teilweise abweichenden Bedingungen und mit zum Teil verschiedenen Methoden ausgeführten Messungen, ferner aber auch eine bemerkenswerte Konstanz der Lichtstärke der einzelnen Lampe, ein Umstand, welcher das Problem der Herstellung praktisch brauchbarer Vergleichslampen durchaus lösbar erscheinen läßt.

Von Interesse ist auch die Übersicht, die Herr Hyde in der genannten Veröffentlichung über die Ergebnisse der an den verschiedenen Instituten ausgeführten Messungen über die gegenseitigen Verhältnisse der verschiedenen Lichteinheiten gibt. Ich führe hier die betreffenden Zahlen nach der Hydeschen Tabelle an:

Digitized by Google

Untersuchende Anstalt	Harcourtsche 10kerzige Pentanlampe / Hefnerkerze	Carcellampe / Hefnerkerze	Harcourtsche 10kerzige Pentanlampe / Carcellampe
Physikalisch-Technische Reichsanstalt (mit elektrischer Vergleichslampe gemessen)	10,9	10,7	1,02
Laboratoire Central und Laboratoire d'Essais in Paris (durch direkte Messung)	10,72	10,78	1,009
Laboratoire Central (mit elektrischer Vergleichslampe)	10,76	10,76	1,00
National Physical Laboratory	10,95	10,69	1,024
Verhältnis aus den Glühlampen des National Bureau of Standards abgeleitet	11,19	10,73	1,048
Beste bisherige Bestimmungen von Bunte	11,4	10,87	1,05

Man kann Herrn Hyde nur beipflichten, wenn er die baldige Festlegung einer internationalen Lichteinheit, sowie die Aufstellung von Vorschriften zu ihrer Herstellung und Handhabung als dringend wünschenswert bezeichnet. Mi.



Über die Ursachen der Unbeständigkeit von Manganinwiderständen.

Zur Herstellung elektrischer Widerstände, besonders für Zwecke der Präzisionsmessung, bedient man sich in den letzten Jahren mit Vorliebe des Manganins, einer Legierung aus Mangan, Kupfer und Nickel, welche den Anforderungen, die an ein Material für solche Zwecke gestellt werden müssen, von allen bisher bekannten Stoffen am besten genügt. Seitens der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg sind die Normen aufgestellt, nach welchen Vergleichswiderstände aus Manganindraht herzustellen sind. Leider hat sich nun seit einiger Zeit herausgestellt, daß solche Manganinwiderstände, selbst wenn sie den Vorschriften der Reichsanstalt gemäß gebaut worden sind, doch nicht vollkommen konstant sind, daß vielmehr in einer Gruppe scheinbar ganz gleicher Widerstände nicht unmerkliche Differenzen auftreten. Diese

Digitized by Google

Schwankungen sind bei Widerstandsrollen geringer Größe (0,1 und 1 Ohm) weniger groß als bei höheren Widerständen (von 10 Ohm und mehr). Nun hat man die auffallende Beobachtung gemacht, daß die Änderungen solcher Manganinwiderstände in England größer sind als in Deutschland, und hat daraus auf eine Minderwertigkeit des englischen Manganins gegenüber dem deutschen geschlossen, allerdings, wie wir sogleich sehen werden, mit Unrecht. In einer im April 1907 in der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft zu Washington vorgetragenen Arbeit berichten nämlich die Herren E. B. Rosa und H. D. Babcock über eingehende Untersuchungen, die sie am National Bureau of Standards in Washington mit Manganinwiderständen verschiedenen Ursprungs — deutschen, englischen und amerikanischen — angestellt haben. Diese Untersuchungen haben nun ergeben, daß die Änderungen von der Herkunft des Manganins ganz unabhängig waren. Es hat sich aber auch gezeigt, daß die anfänglich angenommene Erklärung für die geringeren Schwankungen kleiner Widerstände nicht stichhaltig war. Nach dieser Erklärung sollten die höheren Widerstände deshalb größeren Schwankungen unterworfen sein, weil sie aus dünnerem Drahte gewickelt sind und dieser kalt ausgezogen und weniger vollkommen ausgeglüht sein sollte als der stärkere Draht, der für kleinere Widerstände zur Verwendung gelangt.

Den Herren Rosa und Babcock ist es nun gelungen, für die Veränderlichkeit der Manganinwiderstände die wahre Ursache aufzufinden. Die genannten Herren machten zunächst die Beobachtung, daß bei gleicher Temperatur sämtliche Widerstände im Sommer einen höheren Wert aufwiesen als im Winter. Eine genauere Verfolgung dieser Erscheinung ergab ein allmähliches Ansteigen des Widerstandes vom Beginn des Frühlings bis in den Hochsommer hinein, dem eine stetige Abnahme folgte, bis dann im Winter der frühere Mindestwert wieder erreicht war. Dabei waren einige der Widerstände im Ölbade, andere frei an der Luft aufbewahrt. Belaufen sich die Widerstandsänderungen auch nur auf 15 bis 25 Hunderttausendstel, so sind sie doch schon viel zu bedeutend, um bei Präzisionsmessungen vernachlässigt werden zu dürfen.

Naturgemäß drängte sich den Herren alsbald der Gedanke auf, daß diese Widerstandsänderungen durch Änderungen des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft bedingt seien. Indessen schien es von vornherein nicht recht verständlich, daß eine Zunahme der Luftfeuchtigkeit von einer Zunahme des Widerstandes der Manganindrähte begleitet sein sollte. Vielmehr wäre anzunehmen gewesen, daß ein bei höherer Luftfeuchtigkeit sich bildender feuchter Niederschlag die Isolation der Widerstände verschlechtern und so den Wert des Widerstandes herabsetzen würde. Die

Digitized by Google

genannten Forscher ließen es sich nun angelegen sein, der Ursache für die ausgesprochene Wirkung im entgegengesetzten Sinne nachzuspüren und die Änderungen messend zu verfolgen.

Sie suchten deshalb die im Laufe des Jahres natürlich auftretenden Schwankungen der Luftfeuchtigkeit in viel kürzeren Zeiträumen erfolgen zu lassen. Zu diesem Zweck wurden die zu untersuchenden Manganinwiderstände in Behälter gebracht, in denen beliebige Feuchtigkeitsgrade erzeugt und aufrecht erhalten werden konnten. In einem dieser Behälter wurde beständig eine relative Feuchtigkeit von etwa 25% aufrecht erhalten, während in dem andern Feuchtigkeiten zwischen 40% und 100% erzeugt wurden. Es zeigte sich, daß der unter normalen Verhältnissen in etwa sechs Monaten erfolgende Anstieg des Widerstandes einer Manganinspule in dem feuchten Behälter schon in wenigen Tagen erreicht war. Dagegen bedurfte es meist mehrerer Wochen, damit der Widerstand, wenn die Spule wieder in die normalen Verhältnisse zurückversetzt worden war, den früheren Wert wieder völlig erreichte.

Mit dieser Versuchsanordnung wurden genaue Messungen durch Vergleichung mit einem Normalwiderstande des Bureau of Standards ausgeführt. Die Widerstandsänderungen dieses Normalwiderstandes waren als überaus gering bekannt.

Diese Versuche ergaben nun folgenden Sachverhalt: Die Ursache für die Widerstandsänderungen der Manganinspulen ist in dem dicken Schellacküberzug zu suchen, in welchen die Drähte eingebettet sind. Dieser Schellack ist durch Hitze vollständig getrocknet. Er absorbiert nun aus der umgebenden Atmosphäre Feuchtigkeit und dehnt sich dabei aus. Diese Ausdehnung des Schellacks hat aber eine Streckung des Manganindrahtes zur Folge, und diese wiederum eine Erhöhung seines Widerstandes. Die Menge der von dem Schellack aufgenommenen Feuchtigkeit richtet sich nach der relativen Feuchtigkeit der Luft insofern, als sich allmählich zwischen beiden ein Gleichgewichtszustand ausbildet. Ist die Atmosphäre trockener als der Schellack, so gibt letzterer Feuchtigkeit an sie ab. Das hat dann eine Zusammenziehung des Manganindrahtes und somit eine Abnahme seines Widerstandes im Gefolge. Der Widerstand der Manganinspule ist also von der relativen Luftfeuchtigkeit abhängig und hat nur dann einen konstanten Wert, wenn diese konstant ist, oder wenn die Widerstandsrolle derartig luftdicht eingeschlossen ist, daß sie von Feuchtigkeit nicht mehr beeinflußt werden kann. Ölbäder erfüllen diesen Zweck nicht; sie verlangsamen nur die Schwankungen des Widerstandes und setzen ihren Wert ein wenig herab. Das Öl nimmt nämlich selbst Feuchtigkeit aus der Luft auf und gibt sie wieder an den Schellack ab. Dagegen hat sich Eintauchen in geschmolzenes Paraffin

Digitized by Google

als vollkommen wirksames Schutzmittel gegen die Einflüsse der Luftfeuchtigkeit ergeben.

Von Interesse dürften noch einige Angaben über die Größe der auftretenden Änderungen sein. Eine Änderung des Widerstandes um 0,00025 seines normalen Wertes wird durch eine Längenänderung des Drahtes um 0,000125 seiner Länge hervorgebracht. Ist der Draht auf eine Spule von 4 cm Durchmesser aufgewickelt, so entspricht das einem Quellen des Schellacks um 0,0005 cm oder 5 μ. Diese Abnahme des Spulendurchmessers ist zwar mit geeigneten Hilfsmitteln bereits meßbar, indessen ist sie längst nicht so leicht der Messung zugänglich wie die durch sie hervorgerufene Widerstandsänderung. Durch einen Paraffinüberzug geschützte Spulen behalten Monate hindurch einen — jedenfalls bis auf wenige Millionstel — konstanten Widerstand; ihr Spulendurchmesser kann also, wenn überhaupt, sich während dieser Zeit um höchstens 0,2 μ ändern.

Es ist erfreulich, daß durch die Arbeit der Herren Rosa und Babcock nicht nur die Ursache der erwähnten Störungen aufgedeckt, sondern auch ein sehr einfaches Mittel zu ihrer Beseitigung aufgefunden worden ist.

Mi.



Ein einfaches Verfahren zur Auffindung der Durchschlagsstelle einer beschädigten Röntgenröhre.

Im laufenden 11. Bande der „Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen" teilt Herr B. Walter ein sehr einfaches und bequemes Mittel mit, die Durchschlagsstelle einer vom elektrischen Funken durchschlagenen Röntgenröhre festzustellen. Durch bloße Betrachtung ist solche Feststellung nur in seltenen Fällen und nur sehr schwer möglich. Sie ist aber für den Experimentator insofern wertvoll, als sie ihm oftmals zeigt, daß und inwiefern fehlerhafte Schaltung die Ursache des Schadens war, in anderen Fällen wieder ihn lehrt, daß die Röhre noch zu retten ist. Eine Voraussetzung für die Anwendbarkeit des Walterschen Verfahrens ist, daß die Luft in der beschädigten Röhre noch hinreichend verdünnt ist, um die Elektrizität leiten zu können, eine Bedingung, welche in der Regel noch geraume Zeit nach dem Durchschlagen der Glaswandung erfüllt sein wird. Um nun die schadhafte Stelle aufzusuchen, verwendet Herr Walter einen kleinen Induktor von etwa $^1/_2$ bis 1 cm höchster Schlagweite; es kann aber auch ein größerer Induktor benutzt werden, dessen Funkenlänge durch Einschaltung eines großen Widerstandes

Digitized by Google

entsprechend verringert wird. Eine Elektrode der Röhre — welche ist gleichgültig — wird nun mit dem einen Pole des Induktors verbunden, an den anderen Pol wird die Suchelektrode angeschlossen. Diese besteht aus einem gewöhnlichen Draht, der in ein besenartiges Drahtbüschel ausläuft. Ein solches Büschel kann leicht aus einem 5 bis 10 cm langen Stück Kupferdrahtlitze von etwa 50 Einzeldrähten hergestellt werden; auch etwa 50 feine Messing- oder Eisendrahtenden (Blumendraht) von der angegebenen Länge, mit Zwirn zusammengebunden und zu einem flachen Besen ausgebreitet, erfüllen den Zweck. Einen isolierenden Handgriff kann man leicht aus einem trockenen Korken oder einer Zwirnrolle improvisieren, wenn man nicht sehr vorsichtigerweise einen Hartgummigriff vorzieht. Mit dem so hergestellten Drahtbesen fährt man nun nach Inbetriebsetzung des Induktors über die Oberfläche des Glases hin. Dabei sieht man — namentlich im Halbdunkel — von den einzelnen Drahtenden des Besens zahlreiche kleine bläuliche Büschelentladungen ausgehen, solange man mit der Suchelektrode noch nicht nahe an die Durchschlagsstelle herangekommen ist. Sobald aber eines der Drahtenden in die Nähe dieser Durchschlagsstelle gelangt ist, geht sofort von ihm aus ein kräftiger, durch die verdampfenden Natriumteilchen des Glases gelb gefärbter Funke durch die Glaswand hindurch. — Dieses Verfahren erscheint so einfach, daß es jedenfalls nützlich sein dürfte, es zur Kenntnis weiterer Kreise zu bringen. Mi.



Digitized by Google



Populäre Astrophysik von Dr. J. Scheiner, a. o. Professor der Astrophysik an der Universität Berlin, Hauptobservator am astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam. Mit 30 Tafeln und 210 Figuren im Text. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner. 1908.

Der den Lesern unserer Zeitschrift durch zahlreiche Aufsätze bekannte Verfasser hat zum ersten Male eine umfassende Darstellung des Gesamtgebietes der Astrophysik gegeben, die auf über 700 Seiten wohl alles Wichtigere, was in physikalischer Beziehung von den Himmelskörpern bekannt ist, unterstützt durch Abbildungen und vorzüglich ausgeführte Tafeln, enthält. Das Werk zerfällt in zwei nahe gleichgroße Teile: Die astrophysikalischen Methoden und die Ergebnisse der astrophysikalischen Forschung.

Der erste Teil lehrt in 17 Kapiteln alles kennen, was zur Anstellung der Untersuchungen und Beobachtungen erforderlich ist, in der Praxis und in der Theorie; er umfaßt die Spektralanalyse, die Photometrie, die strahlende Wärme und die Himmelsphotographie. Im zweiten Teil sind die Ergebnisse in weiteren 11 Kapiteln, für die verschiedenen Himmelskörper getrennt, dargestellt.

Wie der Verfasser im Vorwort angibt, ist das Werk aus Vorlesungen entstanden, die derselbe an der Berliner Universität gehalten hat, um die Studierenden in die Methoden und Resultate dieses speziellen Forschungsgebietes einzuführen und ihnen so Gelegenheit zu geben, bei den späteren, mehr in die Tiefe gehenden Studien alles Spezielle aus dem Gesichtspunkte der Allgemeinheit und Einheitlichkeit betrachten zu können. Der Verfasser weist ausdrücklich darauf hin, daß die Populäre Astrophysik nur für den gebildeten Laien bestimmt sei und nicht für die Astronomen und Astrophysiker; denn wegen der notwendigen Raumbeschränkung sei Vollständigkeit, wie man sie von einem Handbuche verlangen könne, nicht möglich gewesen. Das mag richtig sein; vielleicht ist aber der Verfasser doch etwas zu bescheiden; denn wenn auch nicht alles Wissenswerte in dem Buche enthalten sein wird, so bietet es doch überraschend viel, und wir sind überzeugt, daß auch noch mancher Fachgenosse sehr viel aus dem Buche lernen kann; es dürfte ein wichtiges Nachschlagebuch werden, welches Orientierung über den jetzigen Stand der Kenntnisse in jedem einzelnen Spezialgebiete dieser an sich schon so speziellen Wissenschaft gewähren wird. So kann auch durch ein populäres Werk, auf welches ja manche Gelehrte etwas mitleidig herabzublicken pflegen, die strenge Wissenschaft gefördert werden.

Das ist aber für die Leser unserer Zeitschrift von geringerem Interesse. Sie werden wissen wollen, ob der gebildete Laie auch wirklich den Inhalt des

Digitized by Google

Buches verstehen kann, und das glauben wir, wenn auch vielleicht mit einzelnen Einschränkungen, durchaus bejahen zu dürfen.

Die notwendigen astronomischen Vorkenntnisse, wie sie durch die populären Astronomien geboten sind, mußte Verfasser voraussetzen; denn sonst wäre der Umfang des Buches auf das Doppelte gewachsen. Anders verhält es sich mit den physikalischen Grundlagen, die viel weniger leicht aus passenden Werken zu entnehmen sind. Hier hat der Verfasser einen sehr glücklichen Gedanken gehabt, indem er im ersten Abschnitt in drei Kapiteln diese Grundlagen in gedrängter Kürze gibt. Das erste dieser Kapitel, die Lehre von der Strahlung, beginnt mit der Definition der Wärme, speziell der Wärmestrahlung, von der die sichtbare Strahlung ja nur einen Teil ausmacht, und bringt alles, was in den Kapiteln über Spektralanalyse, Photometrie usw. vorausgesetzt werden muß. Das zweite Kapitel, die Grundlehren der Optik, enthält die wichtigsten dioptrischen und katoptrischen Sätze in kurzer, aber prägnanter und klarer Form. Das dritte Kapitel gibt die physiologischen Grundlehren des Sehens, worüber wohl in keinem der bisherigen populären astronomischen oder physikalischen Werke etwas enthalten sein dürfte. Dieser erste Abschnitt liefert somit die Grundlage für den ganzen übrigen ersten Teil, so wie dieser wiederum für den zweiten.

Wer wirklich aus dem Werke lernen will, muß natürlich den ersten Teil gründlich durchstudieren, was wir hiermit jedem anempfehlen möchten, wenn auch manches an sich trocken und uninteressant erscheint. Verfasser besitzt die Gabe der allgemeinverständlichen Darstellung schwieriger Dinge; aber es gibt eben doch viele Dinge, deren Auseinandersetzung unter allen Umständen trocken sein muß.

Der zweite Teil, in dem das hervorgehobene Talent des Verfassers viel mehr Gelegenheit zur Entfaltung findet, kann auch ohne den ersten für sich allein gelesen werden, wenn der Leser darauf verzichtet, sich gründlich zu belehren. Hier finden wir sehr viel Neues in einer besonderen Art der Darstellung, auch manche Gedanken und Erklärungen, die unseres Wissens der Verfasser hier zum ersten Male publiziert haben dürfte. Wir verweisen in dieser Beziehung besonders auf den umfangreichen Abschnitt über die Sonne und auf das Kapitel der Neuen Sterne hin. Viel Interesse dürften auch die Darlegungen über den Planeten Mars erwecken, in denen die Phantasterei, welche sogar auch bei den Astronomen noch nicht ganz ausgerottet ist, scharf gekennzeichnet wird.

Wie schon eingangs hervorgehoben, ist auf die bildnerischen Darstellungen, besonders auf die Reproduktion photographischer Himmelsaufnahmen vor allem Wert gelegt worden, da der Verfasser von der unbestreitbaren Ansicht ausgegangen ist, daß diese Reproduktionen eine bessere Anschauung von den verschiedenartigen Welten gewähren, als die direkte Beobachtung im Fernrohr dem ungeübten Beobachter zu liefern vermag.

Diese Andeutungen mögen genügen; wir empfehlen das Werk „allen den zahlreichen Gebildeten, denen der erweiterte Blick ins Weltall als einer der schönsten und reinsten Genüsse erscheint, als Führer in das Gebiet der physikalischen Erforschung der Himmelskörper“. P.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

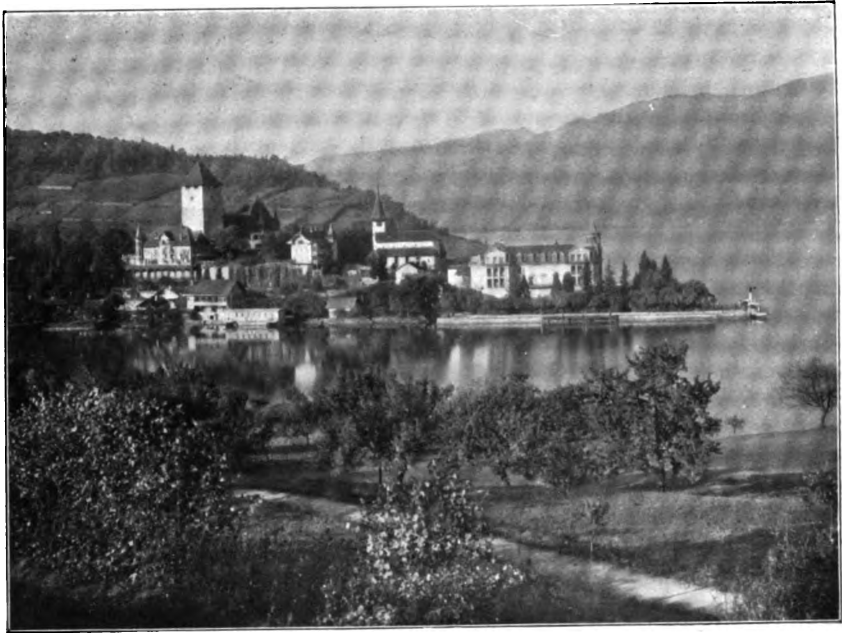


Fig. 5. Blick auf Spiez mit Schloß.



Fig. 6. Frutigen.

Digitized by Google



Der neue Berner Alpen-Durchstich und die Lötschbergbahn.

Von Prof. Dr. C. Koppe in Königstein i. Taunus.

In einem früheren Jahrgange dieser Zeitschrift, 1905, Heft 9, wurde „Der neue internationale Verkehrsweg durch den Simplon" besprochen und darauf hingewiesen, daß derselbe erst dann eine größere wirtschaftliche Bedeutung für die Nordwest-Schweiz und das westliche Deutschland erhält, wenn das Hindernis für eine Weiterführung der Simplonbahn von Brig in direkter Richtung nach Bern und Basel beseitigt bzw. durchbrochen sein wird. Dieses Hindernis bildet der gewaltige Gebirgsstock der Berner Hochalpen, der seither auf dem langen Umwege von Brig das Rhonetal hinab und den Genfer See entlang bis nach Lausanne umfahren werden muß, bevor die Simplonbahn eine nördliche Richtung einschlagen kann. Auf einer dem vorerwähnten Berichte beigegebenen kleinen „Übersichtskarte der Zufahrtlinien zum Simplon-Tunnel", Fig. 1, tritt dies deutlich hervor. Es sind dort auch die beiden für eine direkte Bahnverbindung von Bern mit dem Simplon seinerzeit aufgestellten Projekte, eine „Wildstrubellinie" und eine „Lötschbergbahn", eingezeichnet. Inzwischen hat die „Lötschbergbahn" in dem harten Konkurrenzkampfe widerstreitender Interessen gesiegt, und ist der große „Lötschbergtunnel" zur Durchbohrung der Berner Alpenkette bereits in Angriff genommen worden. Der Bau der beiden Zufahrtlinien von Brig und Frutigen zum südlichen und nördlichen Tunnelportale wird im Sommer 1908 beginnen. Die ganze neue internationale Bahnlinie „Bern—Lötschberg—Simplon" soll in 5 Jahren vollendet sein. Sie

Digitized by Google

führt durch das Herz der Berner Hochalpen, erschließt herrliche Gebirgstäler dem Verkehr und ist an wirtschaftlicher Bedeutung nicht nur für den Kanton Bern und die nordwestliche Schweiz, sondern auch für die Handelsbeziehungen zwischen Westdeutschland und Italien als kürzeste Linie über Basel nach Mailand und Genua von Bedeutung. Wenn man das letztere mit seinem großen Seehafen als südliches Ende der Grenzlinie von Süden nach Norden für die kürzeste kilometrische Entfernung in Hinsicht auf Westdeutschland nimmt, so führt diese Linie von Genua über Basel und Frankfurt a. M. nach Hamburg, so daß Elsaß-Lothringen und das westliche Rheingebiet durch die „Lötschbergbahn“ nach den bedeutendsten Verkehrs- und Handels-Zentren Ober-Italiens einen kürzeren Weg haben werden als jetzt durch den Gotthard. Von der hohen wirtschaftlichen Bedeutung einer Durchtunnelung der Berner Alpen zur Herstellung einer direkten Zufahrt zum Simplon überzeugt, hatte die Regierung des Kantons Bern bereits Ende der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts topographische Aufnahmen im Maßstabe 1 : 5000 auf beiden Seiten des Lötschberges angeordnet und den Ingenieur Imfeld mit ihrer Ausführung betraut. Der „Lötschberg“ ist nicht ein einzelner Berggipfel, sondern ein ganzes Gebirgsmassiv mit über dasselbe führendem Passe, ähnlich dem „Gotthard“ und dem „Simplon“. Der „Lötschenpass“ führt aus dem oberen Teile des im Kanton Bern gelegenen Gasterntales in einer Höhe von 2695 m über dem Meere in das walliser Lötschental, das seinerseits bei Gampel in das Rhônetal mündet*). Die nördliche Mündung des ungefähr 14 km langen neuen Alpendurchstiches liegt etwas oberhalb des Dorfes „Kandersteg“ am Eingange in die „Klus“, eine wilde Felsenschlucht, durch welche die Kander aus dem Gasterntale mit prächtigen Strudeln und Fällen jäh hinab in das Kandertal stürzt. Auf der Südseite mündet der Tunnel im Lötschentale etwas oberhalb des kleinen Örtchens „Goppenstein“, Fig. 2, nachdem er den Fisistock, den Schafberg und das Balmhorn unterfahren hat. Zu diesen Tunnelmündungen hinauf müssen die beiden Zufahrtlinien von Frutigen und von Brig aus geführt werden.

Nach Fertigstellung der Imfeldschen Aufnahmen und topographischen Pläne in 1 : 5000 beauftragte die Regierung des Kantons Bern die Ingenieure Hittmann und Greulich mit der Ausarbeitung eines Bau-Projektes für die beiden Zufahrtrampen, einer tunlichst genauen Kostenberechnung, sowie auch mit vergleichenden Studien in bezug auf

*) Beide Täler, das Gasterntal wie das Lötschental, sind namentlich in ihrem oberen Teile reich an großartigen Hochgebirgs-Partien, aber seither noch wenig erschlossen wegen mangelnder, hinreichend bequemer Zufahrtswege.

Digitized by Google



Übersichtskarte de

Digitized by Google

Digitized by Google

eine „Wildstrubellinie". Das Ergebnis ihrer Arbeiten wurde als das „offizielle" Projekt für die „Lötschbergbahn" betrachtet und im neuen Berner Eisenbahngesetz vom Jahre 1902 mit einer Staatsbeteiligung von 17,5 Mill. Fr. seitens des Kantons bedacht. Nach Berufung einer internationalen Expertise und Begutachtung auch anderer Vorschläge wurde sodann Oberingenieur Dr. Zollinger mit der Prüfung sämtlicher in Betracht kommenden Projekte betraut. Gestützt auf sein im April 1906 abgestattetes Gutachten entschied man sich endgültig für eine „Lötschbergbahn" mit höchstens 27‰ Steigung und elektrischem Betriebe.



Fig. 2. Goppenstein im Lötschental.

Fig. 3. Am 27. Juli 1906 konstituierte sich die „Berner Alpenbahn-Gesellschaft" Bern—Lötschberg—Simplon (B. L. S.). Dieselbe verfügt über ein Gesellschaftskapital von 45 Millionen Fr. Das Obligationenkapital beträgt 44 Mill. Fr., womit das gesamte, nach der Kostenberechnung erforderliche Anlagekapital von 89 Mill. Fr. gedeckt ist. Hiervon entfallen 74 Mill. Fr. auf den eigentlichen Bahnbau, und zwar zur Hälfte auf den großen Tunnel bei eingeleisiger Ausführung desselben, zur anderen Hälfte auf die beiden Zufahrtrampen. Mit einer Gruppe von 7 Unternehmern, vertreten durch das Bankhaus „Loste & Cie." in Paris, wurde seitens der Berner Alpenbahn-Gesellschaft ein Bauvertrag abgeschlossen, dahin lautend: „Die Unternehmergruppe ver-

Digitized by Google

pflichtet sich zum Bau des großen einspurigen Lötschbergtunnels samt allen Installationen fix und fertiggestellt, und mit einer 500 m langen Ausweiche in der Tunnelmitte, in $4^1/_2$ Jahren, um den Forfaitpreis von 37 Mill. Fr., ferner zum Bau der beiden Zufahrtrampen mit allem Zubehör um weitere 37 Mill. Fr. Das definitive allgemeine Bauprojekt der Zufahrtrampen im Maßstabe 1:1000 wird von der Unternehmung im Einvernehmen mit der Bahngesellschaft und unter Aufsicht der Direktion der Bauten und Eisenbahnen des Kantons Bern aufgestellt und spätestens auf den 1. Mai 1908 den kompetenten Behörden zur Genehmigung unterbreitet. Die angesetzten 37 Mill Fr. bilden das absolute Maximum für die nach Einheitspreisen auf Ausmaß zu stellenden Rampenstrecken. Werden an den Baukosten für diese Ersparnisse gemacht, so fallen davon $^3/_4$ der Gesellschaft B. L. S. und $^1/_4$ der Bauunternehmung zu. Am 1. Oktober 1906 erfolgte seitens der Gesellschaft B. L. S., welche Dr. Zollinger zu ihrem Oberingenieur gewählt hatte, die Terrainübergabe an die Generalunternehmung Loste & Cie., die nun ihrerseits die „speziellen" Vorarbeiten für die Zufahrtrampen, sowie den Bau des großen Lötschbergtunnels sofort in Angriff nahm.

Bereits im Sommer des gleichen Jahres war dem Geometer Mathys, Adjunkten beim kantonalen Vermessungsbureau in Bern, der Auftrag erteilt worden, die Achse des Lötschbergtunnels mit Hilfe einer Triangulation genau festzulegen und diese Arbeit so zu beschleunigen, daß am 1. Oktober 1906 die Tunnelbohrung beginnen könne. Geometer Mathys löste diese Aufgabe in ebenso einfacher als zweckentsprechender Weise. Da der Auftrag am 14. Juli erfolgt war, so standen ihm nur $2^1/_2$ Monate zur Ausführung der Arbeiten zur Verfügung. Die Beschaffung der nötigen Meßgehilfen, des Signal-Materials, der Träger usw. dauerte bis zum 24. Juli, wo dann mit der Netzlegung und dem Bau der Signale begonnen werden konnte. Das Dreiecksnetz zur Festlegung der Achse des Lötschbergtunnels, Fig. 4, wurde von ihm erstellt im Anschluß an die vorhandene eidgenössische Triangulation im Kanton Bern mittelst der Dreieckspunkte Steghorn, Altels, Hohenhorn, Birre, First und Gellihorn, die im Jahre 1893 durch den Ingenieur Reber festgelegt worden waren. Neu angelegt wurden außer den beiden, den Tunnelmündungen gegenüber errichteten Achssignalen „Kandersteg" und „Goppenstein" die Signale Torrenthorn, Niwengrat und Strittengrat, alle 3 auf der walliser Seite gelegen, woselbst die eidgenössische Triangulation noch nicht fertiggestellt ist. Diese einfache Netzanlage war für den beabsichtigten Zweck ganz ausreichend, da eine Kontrolle der auf trigonometrischem Wege gefundenen Achsrichtungen durch eine oberirdische Absteckung sich als möglich und gut ausführbar erwiesen hatte. Auf allen 11 Dreieckspunkten des

Digitized by Google

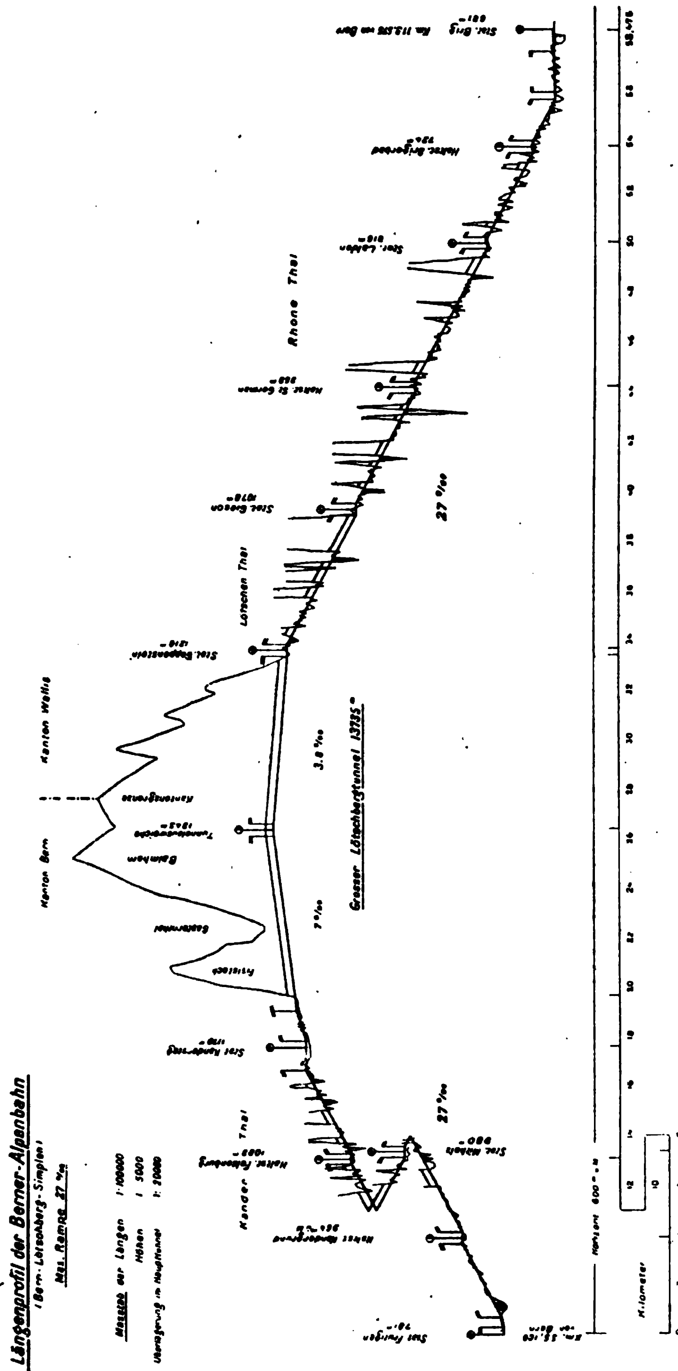

Längenprofil der Berner-Alpenbahn
(Bern-Lötschberg-Simplon)
Max. Rampe 27 ‰
Masstab der Längen 1:100000
Höhen 1:5000
Überlagerung im Haupttunnel 1:20000
Kanton Bern
Kanton Wallis
Kander Thal
Lötschen Thal
Rhone Thal
27 ‰
7 ‰
3.8 ‰
27 ‰
Grosser Lötschbergtunnel 13735 m
Kilometer
58,475

Fig. 3.

Netzes wurden mit Zementmörtel aufgemauerte Signalpfeiler errichtet, ganz ähnlich den am Simplon-Tunnel von Prof. Dr. Rosenmund benutzten. Die Winkelmessung auf ihnen konnte bei günstiger Witterung in der kurzen Zeit vom 28. August bis 8. September durchgeführt werden. Zu ihr diente ein achtzölliger Theodolit, mit welchem, entsprechend der eidgenössischen Instruktion für die Forstvermessungen, die Winkel mittelst Repetition und mit vollständigem Horizontalabschluß gemessen wurden, jeder Winkel 16- bis 24mal mit 8 Repetitionen, je nach ihrer Wichtigkeit und den äußeren Umständen. Nur auf dem 3636 m über dem Meere hohen Altels war eine Winkelmessung nicht mehr ausführbar wegen der zu beschränkten Zeit und des sehr schwierigen Zuganges. Der Schlußfehler der Dreiecke betrug im Mittel 3″, im Maximum 6″, welche gleichmäßig verteilt wurden. Die Berechnung des Netzes lieferte die Winkel zum Absetzen der Achsrichtungen auf beiden Tunnelseiten und durch den Anschluß an das eidgenössische Dreiecksnetz die Länge zwischen den Signalen „Kandersteg“ und „Goppenstein“ zu 14 318,89 m, woraus sich durch Längenmessung bis zu den Tunnelportalen deren horizontaler Abstand zu 13 747,7 m ergab.

Durch vorgenannte Triangulation war die Tunnel-Länge mit einer für den Bau ausreichenden Genauigkeit bestimmt. Die gefundenen Tunnel-Richtungen wurden durch ihre oberirdische Absteckung weiter kontrolliert und noch genauer festgelegt. Diese Kontrolle fand statt vom 19. September bis 3. Oktober 1906. Auf den 3 in der Tunnelachse und ihrer nördlichen und südlichen Verlängerung gelegenen Bergen, auf der „First“ im Norden, dem „Immenengrat“ im Süden, gegenüber den Tunnelportalen, sowie dem „Wildelsiggrat“ ungefähr über der Tunnelmitte, sollten Zieltafeln in die Achse eingerichtet werden. Fig. 4. Zunächst wurde zu diesem Zwecke auf dem Achspfeiler Nord bei Kandersteg mit dem Theodoliten stationiert und versucht, die durch die Triangulation gefundene Tunnelrichtung auf der „First“ einzuweisen, aber Nebelbildung vereitelte dies hartnäckig vom 19. bis zum 25. September, an welchem Tage man weitere Versuche aufgab und über den Lötschenpaß auf die Südseite nach Goppenstein wanderte. Hier herrschten günstigere Witterungsverhältnisse, und die Verlängerung der Tunnelrichtung vom Achspunkte Goppenstein aus nach dem „Immenengrat“ gelang in kurzer Zeit. Darauf wurden die Gehilfen mit der Signaltafel auf den über der Tunnelmitte gelegenen „Wildelsiggrat“ geschickt und auf dem eben eingewiesenen Punkte „Immenengrat“ stationiert. In zwei Tagen gelang es, den wichtigen Richtungspunkt auf dem „Wildelsiggrat“ genau einzuweisen. Die Visa ging hart neben der Wand des Balmhorns vorbei und würde bei einer nur um ein geringes anderen

Digitized by Google

Lage der Tunnelrichtung unmöglich geworden, d. h. die oberirdische Absteckung daher nicht ausführbar gewesen sein. Der nahe über der Tunnelmitte befindliche „Wildelsiggrat“ und der in der nördlichen Verlängerung der Tunnelachse gelegene „First“ sind gegenseitig sichtbar. Es galt nun auf letzterem zu stationieren, nachdem er vom Achssignale Kandersteg aus genau in die verlängerte Tunnelrichtung eingewiesen war, was vorher die Nebelbildung vereitelt hatte. Die Absteckungs-Instrumente wurden wieder nach der Nordseite des Tunnels transportiert, auf dem dortigen Achssignale Kandersteg stationiert, und bei schönem Wetter gelang die Einweisung der verlängerten Tunnelachse auf „First“ nunmehr ohne Schwierigkeit sehr gut. Am folgenden Tage wurde auf der „First“ selbst auf dem eben vorher eingewiesenen Richtungspunkte stationiert und nach Einstellung des Fernrohres auf das Achssignal „Kandersteg“ seine Visierlinie zum „Wildelsiggrat“ eleviert. Die von der anderen Tunnelseite aus dort eingewiesene Signaltafel lag nur wenige Zentimeter westlich von der Richtung des Fernrohrs First—Kandersteg, womit das hinreichend nahe Zusammentreffen der beiden oberirdisch abgesteckten Tunnelrichtungen über der Tunnelmitte bewiesen war. Auf „Wildelsiggrat“ selbst konnte eine Stationierung, um die drei Signale First—Wildelsiggrat—Immenengrat genau in eine „Gerade“ zu bringen, im gleichen Jahre nicht mehr vorgenommen werden, da zuviel neuer Schnee den Aufstieg mit dem Instrumente untunlich machte. Im Winter 1906/07 berechnete Prof. Dr. Rosenmund in Zürich aus der Massenanziehung des Gebirges ihren Einfluß auf die Lotrichtungen der in der Tunnelachse bzw. ihrer Verlängerung erstellten Signale. Die sich hieraus ergebenden kleinen Richtungskorrektionen werden bei der im Sommer 1908 beabsichtigten endgültigen Festlegung

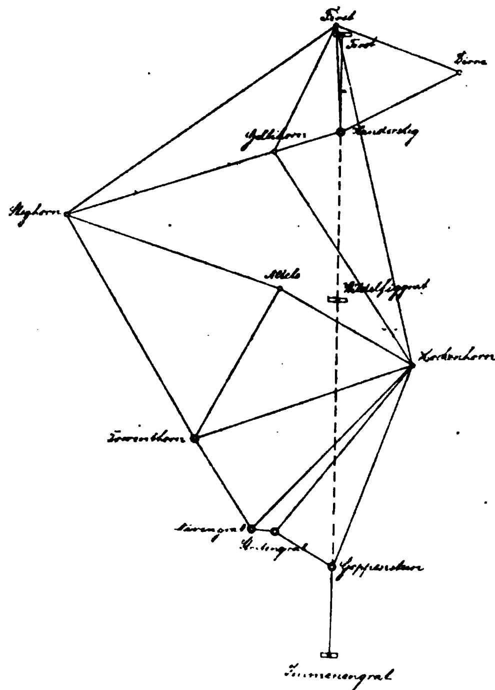


Fig. 4. Dreiecksnetz zur Feststellung der Achse des Lötschbergtunnels.

der Achse des Lötschbergtunnels durch Wiederholung der oberirdischen Absteckung entsprechend berücksichtigt werden*).

Die im vorstehenden kurz beschriebene Festlegung der Achse des Lötschbergtunnels zeigt, daß man selbst in dem schwierigen Gelände der Berner Hochalpen unter Umständen mit Hilfe eines verhältnismäßig einfachen Verfahrens die meist nicht ganz leichte Aufgabe der Achsenbestimmung für einen ca. 14 km langen Tunnel durch die Hochalpen mit voller Sicherheit bearbeiten und lösen kann. Es erinnert das Verfahren der oberirdischen Achsenabsteckung für den Lötschbergtunnel an die Bestimmung der Achse des ungefähr gleich langen ersten großen Alpentunnels durch den Mont Cenis. Der Fortschritt diesem gegenüber besteht aber darin, daß beim Lötschberg nicht in der primitiven Weise wie beim Mont Cenis eine ungefähre Tunnelrichtung durch mehrmalige oberirdische Absteckungs-Versuche ermittelt und immer mehr verbessert wurde, sondern daß die Tunnelachse durch eine Triangulation mit größer Annäherung bestimmt worden ist, infolgedessen die Korrektionen der einmaligen direkten Absteckung nur sehr gering waren. Sodann wurden am Lötschberg Lotablenkungen aus den Gebirgsformen abgeleitet und zur Verbesserung der Absteckungsrichtung für den Tunnel verwertet, nachdem durch die Gradmessungsarbeiten in der Schweiz sowie auch durch die Erfahrungen am Simplon dargetan war, daß die aus der Massenanziehung der Gebirge berechneten Lotabweichungen mit den auf astronomischem Wege direkt ermittelten Werten in der Schweiz nahezu identisch sind. Am Gotthard hatte man zwei ganz unabhängig voneinander durchgeführte Triangulationen zur hinreichend zuverlässigen Bestimmung der Tunnelachse für erforderlich erachtet, am Simplon aber sich mit einer solchen genügt; doch auch hier waren die Messungs- und Berechnungsarbeiten notwendigerweise weit umfangreicher und kostspieliger auszu-

*) Geometer Mathys erkrankte im Sommer 1907 und starb. An seiner Stelle hat Ingenieur Baeschlin von der Abteilung für Landestopographie in Bern die Kontrolle und endgültige Festlegung der Achse des Lötschbergtunnels durch eine genaue oberirdische Absteckung übernommen, sowie die Übertragung der Richtung in den Tunnel für den Vortrieb des Richtstollens und das Nivellement für die Höhenbestimmung. Die Längenmessung im Tunnel läßt die Bauunternehmung durch ihre Ingenieure ausführen. Am 1. November und 8. Dezember vorigen Jahres wurden durch Ingenieur Baeschlin die ersten größeren Absteckungsarbeiten im Lötschbergtunnel auf der Südseite und Nordseite desselben von den Observatorien aus vorgenommen, nachdem die Richtstollen beiderseits um etwas mehr als ein Kilometer vorgetrieben worden waren. Die Richtungseinweisungen geschahen mit einer Genauigkeit bis auf wenige Millimeter, ebenso die Nivellements bis vor Ort. Die Abweichungen gegenüber den vom Geometer Mathys ausgeführten Bestimmungen von Richtung und Höhe im Tunnel waren nur geringfügiger Natur.

Digitized by Google

führen gewesen als am Lötschbergtunnel, wo auf verhältnismäßig einfachem Wege ein zweckentsprechendes Resultat erzielt worden ist.

Wie bereits erwähnt wurde, hatte die Unternehmergruppe, vertreten durch das Bankhaus Loste & Cie. in Paris, der Berner Alpenbahn-Gesellschaft gegenüber kontraktlich sich verpflichtet, sowohl den großen Lötschbergtunnel, wie auch die beiden Zufahrtlinien zu seinen Portalen zum Preise von je 37 Mill. Fr. auszubauen. Für die beiden Zufahrtrampen mußte das Bauprojekt erst genau ausgearbeitet, der Kostenvoranschlag aber jedenfalls innegehalten werden. Nachdem am 1. Oktober 1906 das Protokoll der Terrainübergabe und der ausgeführten Triangulation zur Festlegung der Achse des Lötschbergtunnels unterzeichnet worden war, konnte die Generalunternehmung mit den speziellen Vorarbeiten zur Ermittlung der definitiven Linienführung auf beiden Zufahrtrampen zum großen Tunnel beginnen. Im Anschlusse an die Dreiecksmessungen und die Imfeldschen topographischen Aufnahmen in 1:5000 wurden der in diesen ermittelten generellen Trasse entlang von den Ingenieuren der Unternehmung Polygonzüge abgesteckt und topographische Aufnahmen gemacht zur Herstellung von Höhenschichtenplänen im Maßstabe 1:1000, bei sehr schwierigen Terrainverhältnissen stellenweise auch in 1:500, zur endgültigen Feststellung der auszubauenden Bahnlinie und Ausarbeitung des ganzen Bauprojektes in allen seinen Einzelheiten. Die neu zu erbauende Strecke von Frutigen durch den Lötschbergtunnel nach Brig zum Anschlusse an den Simplontunnel gilt als ein Teilstück der internationalen Linie „Bern—Lötschberg—Simplon". Die bereits in Betrieb befindliche Strecke Spiez—Frutigen ist als erstes Teilstück der „Lötschbergbahn" vor einigen Jahren gebaut worden. Diese Linie hat eine Betriebslänge von 13,4 km, eine Maximalsteigung von 15,5‰ und einen Minimalradius von 300 m. Sie wurde von der „Berner Alpenbahn-Gesellschaft" erworben durch Umwandlung ihrer Aktien in solche der „Bern—Lötschberg—Simplonbahn". Die „Lötschbergbahn" hat ihren Ausgangspunkt im Bahnhof Spiez der Thunerseebahn. Die Züge in der Richtung von und nach Thun bzw. Bern können die Station durchgehend ohne Richtungswechsel passieren. Der Bahnhof des herrlich am Thuner See gelegenen „Spiez", Fig. 5, bietet wegen seiner Lage am Bergeshange, hoch über dem Orte, einen prächtigen Ausblick auf den See und die gegenüber am andern Ufer gelegenen Ortschaften und Berge. Rechts zweigt die Linie ab nach Zweisimmen und Montreux am Genfer See, links führt die Bahn über Heustrichbad, Mülinen — der Station für die im Bau begriffene Seilbahn auf den 2366 m hohen, aussichtsreichen, „Niessen" — und Reichenbach, wo sich eine Aussicht öffnet auf die blendend weißen Firnfelder und Gletscher der Blümlis-Alp, nach Frutigen.

Digitized by Google

Fig. 6. Hier endigt die fertige Strecke und beginnt die neu zu erstellende Bahnanlage zum Lötschbergtunnel. Das Tal gabelt sich; rechts führt die Straße durch das Engstligental nach Adelboden, überragt von dem mächtigen Wildstrubel, links öffnet sich das Kandertal, in dessen Hintergrund die Firnfelder des Balmhorns und des Altels erglänzen. In Frutigen wird eine Erweiterung der auf 782 m ü. d. M. erstellten seitherigen Bahnhofsanlage notwendig.

Die neue Bahnlinie überschreitet den Engstligenbach und bald darauf die Kander auf ca. 40 m hohen Brücken. Am Eingange des Tales liegt die Ruine „Tellenburg", weiterhin eine zweite, die „Felsenburg", mit mächtigem Burgwart. Die Bahnlinie bleibt in ihrem ganzen Verlaufe bis Kandersteg und dem etwas oberhalb gelegenen Eingange in den großen Tunnel fast immer auf der rechten Talseite. Ihre Maximalsteigung von 27‰ beginnt bereits bald nach Verlassen des Bahnhofs Frutigen und wird gleichmäßig beibehalten, bis das Plateau von Kandersteg erreicht ist, unterbrochen nur durch die Horizontalen der Zwischenstationen Kandergrund, Mittholz und Felsenburg. Die starke Steigung des Tales in seinem mittleren Laufe und die Talstufe oberhalb Mittholz machen eine ausgedehnte Schleifenentwicklung der Linie notwendig, um die erforderliche Länge zu gewinnen für die Beibehaltung der gleichmäßigen Steigung, bis die Höhe von Kandersteg gewonnen ist, welch letztere 1180 m ü. d. M. liegt. Die Bahnlinie beschreibt einen mächtigen Bogen und schlägt die Richtung talabwärts ein, die sie mehrere Kilometer beibehält, um dann durch einen nahe 2 km langen Kehrtunnel wieder in die Hauptrichtung einzubiegen. Durch diese Schleifenanlage mit drei übereinander liegenden, nahezu parallelen Schienen-Geleisen, an deren mittleren die Station Mittholz liegt, überwindet die Bahn ca. 150 m Höhenunterschied, und 40 m, hoch über der Ruine Felsenburg erreicht sie die Haltestelle gleichen Namens. Kurz vor Mittholz und zu ihm gehörig liegt einige hundert Meter rechts von der Straße das idyllische „Blauseeli" ein kleiner Bergsee von wunderbar hellblauer Farbe, umgeben von mächtigen moosbewachsenen Felsblöcken und dunklen Tannen in stiller Waldesruhe. Die intensiv blaue Färbung hat nach den Geologen ihren Grund in der Reinheit des Wassers und der Farbe des Bodens, der aus blauem Tonmergel besteht. Der See ist bequem zugänglich gemacht und mit allerlei Anlagen versehen.

In Mittholz wie in Frutigen und dem ganzen Kandertale machte sich bereits im vergangenen Sommer eine lebhafte Bautätigkeit bemerkbar, als ein Vorbote der zu erstellenden großen Bahnanlage. Um diese für den Materialtransport usw. leichter zugänglich zu machen, wurde eine schmalspurige, mit kleinen Lokomotiven befahrbare Dienstbahn

Digitized by Google

erstellt mit 60°/₀₀ Steigung und einem Minimalradius von nur 50 m, die sich dem Terrain überall anschmiegt und infolge der größeren Steigung 5,5 km kürzer wird als die Bahnlinie selbst. An den Straßenübergängen wurden hohe Holzgerüste aufgebaut mit mehreren Etagen, die einen luftig-leichten Eindruck machen. Von der Höhe vor Kandersteg gesehen bietet das Bähnchen, wie es in vielfachen Windungen jeder Terrainwelle folgt, einen interessanten Anblick. Auch die Poststraße ist gezwungen, die Talstufe oberhalb Mittholz in mehreren Kehren zu überwinden, um die Höhe von Kandersteg zu erklimmen. Ein direkterer Fußweg führt durch die tief eingeschnittene Talschlucht hinauf, immer der Kander entlang, die über Felsblöcke und Gesteintrümmer brausend, strudelnd und schäumend hinabstürmt. Oben angelangt überrascht den Blick eine breite Talebene von mehreren Kilometern Länge, der Boden eines alten Seebeckens, in dem Kandersteg weit zerstreut angebaut ist mit seinen vielen Hotels, Villen und dergl. Der Bahnhof Kandersteg wird am linken Ufer der Kander erstellt auf der Meereshöhe von 1179 m. Er erhält eine größere Stationsanlage mit fünf durchgehenden Geleisen. Er liegt in einer wundervollen Umgebung, eingerahmt von hohen Schneebergen und Gletschern. Ihm gerade gegenüber nach Osten öffnet sich das Öschinen-Tal mit dem stillen Bergsee gleichen Namens am Fuße der Blümlis-Alp, deren steile Felswände schroff zum See abstürzen, überragt von den eisgepanzerten Gipfeln des Doldenhorns, Gespaltenhorns und anderen Zacken und Spitzen mit blendend weißen Schneefeldern. Gleich rechts oberhalb Kandersteg erblickt man eine merkwürdige Moränenbildung mit fünf nahezu parallelen, dachförmigen Graten. Nach der Ansicht der Geologen soll das von den felsigen Bergwänden abfließende Wasser in diese weiter unten gelagerte, ausgedehnte Moränenschuttmasse zunächst kleinere Rinnen gegraben haben, die dann durch die mechanische und chemische Einwirkung des Wassers immer mehr vertieft wurden, bis sie im Laufe der Zeiten diese auffallend regelmäßige dachförmige Gestalt annahmen.

Nach Süden wird das Tal abgeschlossen durch das klobige Tatlishorn, an dessen Fuße Eggenschwand mit einer kleinen Häusergruppe liegt. Rechts führt ein steiler Saumpfad zum Gemmi-Paß hinauf, links stürzt aus einer tiefeingeschnittenen, von hohen und schroffen Felswänden eingeschlossenen Schlucht, der „Klus", die Kander herab. Sie kommt aus dem Gastern-Tale, das 200 m höher zunächst einen breiten, flachen Kessel bildet, der auf der Südseite von Balmhorn und Altels begrenzt wird. In der Tiefe führt unter dem ersteren die Achse des Lötschbergtunnels hindurch, der kurz vor dem Eingange in die „Klus", einige hundert Meter östlich von Eggenschwand, in die steile Felswand des Fisistockes eindringt. Der

Digitized by Google

Eingang liegt genau 1200 m ü. d. M. Von ihm aus steigt der Tunnel mit 7‰ bis zu seiner auf 1245,3 m ü. d. M. gelegenen Mitte und fällt dann mit 3,8‰ bis zu seiner südlichen Mündung kurz oberhalb Goppenstein im engen Felsentale der Lonza. Der Tunnelausgang liegt auf 1218,3 m über dem Meere in einem kurzen Stück Kurve, durch welche der sonst ganz geradlinige Tunnel in die Richtung des von der Lonza durchflossenen Lötschentales übergeführt wird. Das Örtchen Goppenstein, Fig. 2, besteht nur aus einer Kapelle und den Gebäuden eines seit langer Zeit im Sommer dort betriebenen Bleibergwerkes, zu dem aus dem Rhonetale ein Saumpfad hinaufführt. Hier wird eine Stationsanlage in der für den Fahrdienst notwendigen Ausdehnung erstellt. Bald nach Verlassen derselben überschreitet die Bahnlinie die Lonza und führt meist im Tunnel am östlichen Abhange des Lötschentales entlang durch ein schwieriges, lawinenreiches Gelände, biegt in einer großen Kurve nach Osten um und erreicht in einer Höhe von nahezu 450 m über der Sohle des Rhonetales den nördlichen Abhang des letzteren. Tief unten erblickt man den Fluß und die Rhonetalbahn mit der Station Gampel. Wie auf der Nordrampe, beträgt das durchschnittliche Gefälle auf der ganzen südlichen Bahnlinie von Goppenstein nach Brig 27‰, nur unterbrochen durch die Bahnhofs-Horizontalen der Stationen von Giesch, St. German, Lalden und Brigerbad. Der Lauf der Bahn ist nicht so reich an Naturschönheiten als auf der Nordseite im Kandertale; nur im untern Teile bieten sich schöne Ausblicke auf die Simplon-Berge*). Zur Sicherung gegen Lawinen, Steinschlag, Wildbach-Geschiebe usw. muß die Bahnlinie vielfach in den Berg hineingelegt werden; sie erhält 22 größere und kleinere Tunnels in einer Gesamtlänge von rund 7 km. Die vielen Wildbäche und Schluchten erfordern 11 Viadukte und einen sehr schwierigen Lehnenbau. Dabei gibt es keine Zufahrtstraßen oder irgendwie fahrbaren Wege aus dem Rhonetale hinauf zu den ärmlichen Ortschaften, deren Bewohner das Wenige, was sie gebrauchen, auf dem Rücken aus dem Rhonetale hinauftragen. Zum Transporte von Material und Arbeitern zu den Baustellen für die Bahnanlage war daher die alsbaldige Herstellung einer Dienstbahn, wie auf der Nordseite des großen Tunnels, ein unbedingtes Erfordernis. Sie hat eine Länge von 28 km, folgt im allgemeinen der definitiven Bahntrasse, schmiegt sich aber der Bodengestaltung, namentlich in den Schluchten, so weit wie tunlich, an. Die ganze Bahnstrecke von Frutigen bis Brig soll zu gleicher Zeit wie

*) Der obere Teil des Lötschentales aber liegt, ähnlich wie das obere Gasterntal, in dem großartigsten Teile der Berner Hochgebirgswelt. Fig. 7 und 8.

Digitized by Google



Fig. 7.



Fig. 8.

Digitized by Google

Digitized by Google

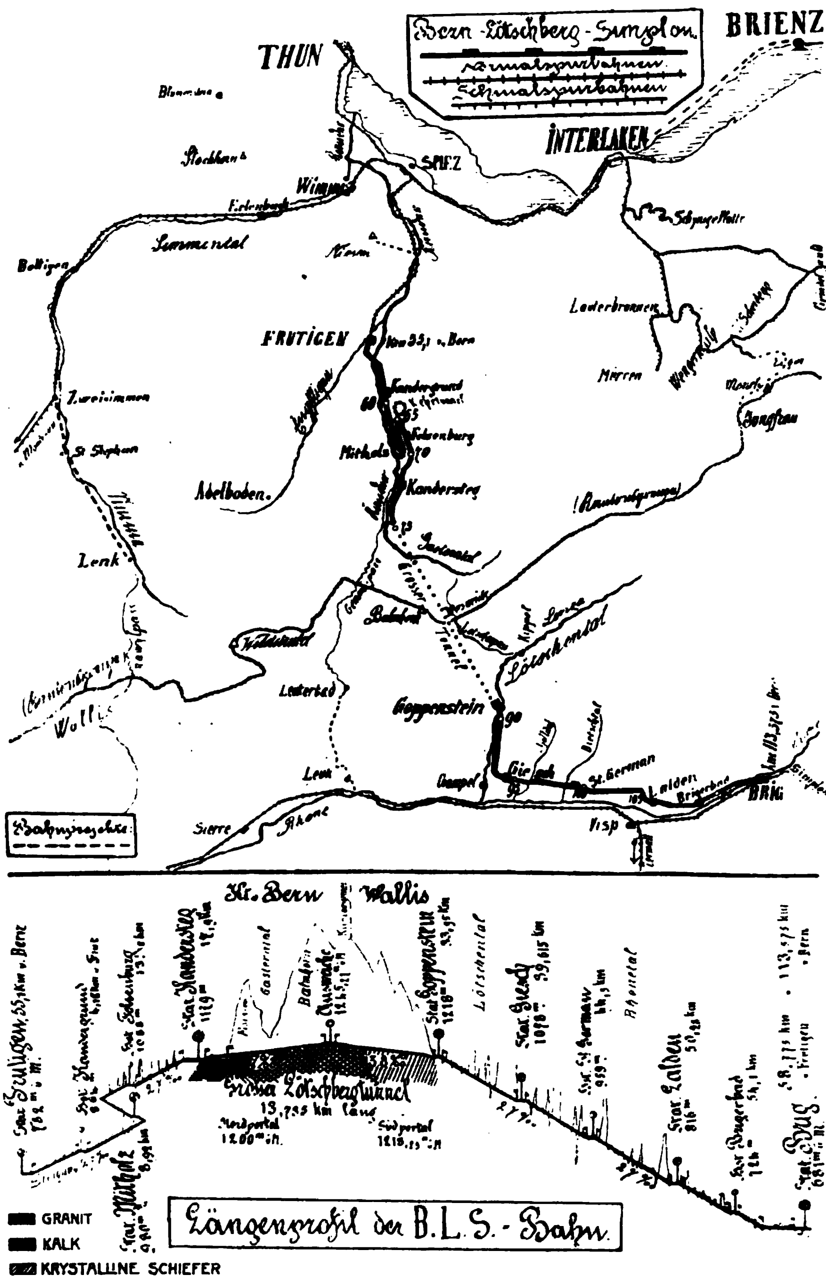


Fig. 9.

Digitized by Google

der große Lötchbergtunnel fertiggestellt sein und dem Betriebe übergeben werden können.

Die Bohrarbeiten am großen Lötschbergtunnel begannen im Frühjahr 1907, auf der Nordseite mit Stoßbohrmaschinen von Meyer in Mülheim a. d. Ruhr, auf der Südseite mit solchen von Ingersoll, einem amerikanischen System von ähnlicher Konstruktion, nachdem in den vorhergehenden Wintermonaten von Ende Oktober ab beiderseits der Sohlenstollen einige hundert Meter weit von Hand in den Berg vorgetrieben worden war. Die Meyerschen Stoßbohrmaschinen haben sich in den Gruben Westfalens gut bewährt und sind auf der Nordseite des Lötschbergtunnels seit Juni 1907 ausschließlich im Gebrauch. Sie werden in drei verschiedenen Größen benutzt; die kleinsten können auf einem leichter transportierbaren, mit Gewichten versteiften Dreifuße angebracht werden, die beiden größeren Arten werden auf Spannsäulen befestigt, die meist eine horizontale Lage haben. Der Tagesfortschritt im Richtstollen schwankt zwischen 3—5 m je nach der mehr oder weniger günstigen Beschaffenheit des durchfahrenen Gesteins. Die Druckluft für die Bohrmaschinen, bis zu 10 Atmosphären Spannung, wird durch Elektromotoren erzeugt, die auf der Nordseite ihren Strom von dem „Vereinigten Kander- und Hageneckwerke" in Spiez am Thuner See erhalten. Der elektrische Strom wird von dort mit 15000 Volt Spannung zum Transformatoren-Gebäude am Tunnel geleitet und dort zum Teil auf 500 Volt zur Benutzung als Triebkraft und zum Teil auf 125 Volt zur Verwertung für Beleuchtungszwecke transformiert. Auf der Südseite wird die Elektrizität zum analogen Zwecke vom „Elektrizitätswerk an der Lonza" geliefert, das zwei große hydroelektrische Kraftanlagen am Ausgange des Lötschentales bei Gampel hat. An der nördlichen wie südlichen Tunnelmündung wurden im Sommer 1907 die Installations-Anlagen erstellt, wie sie ein solcher Tunnelbau erfordert: Kompressoren in zwei größeren Gebäuden zur Erzeugung von genügend Druckluft für die ausgedehnteste Anwendung der mechanischen Bohrung im Tunnel sowie auch zur Kompression der Luft auf 120 Atmosphären für die Luft-Lokomotiven mit Röhrenkesseln, aus denen sie, auf 15 Atmosphären expandiert, zum Betriebe der Lokomotiven dienen; große Ventilatoren für Heraussaugen und Hineindrücken der Luft, getrieben durch Elektromotoren von einigen hundert Pferdekräften; Transformatoren zum Umformen des hochgespannten elektrischen Stromes zu Betriebs- und Beleuchtungs-Zwecken mit ihren Gebäuden; Reparaturwerkstätten, Schmieden, Sägewerke, Magazine, Bureau- und Beamten-Gebäude, Bade- und Dusche-Anlagen mit Wäscherei und Trocknerei unmittelbar am Tunnel, Krankenhäuser, Arbeiter-Wohnungen mit Kantinen zur Beköstigung usw. Auf beiden Seiten des Tunnels findet die Elektri-

Digitized by Google

zität als Triebkraft die ausgedehnteste Anwendung, und nach Vollendung der Bahn soll die ganze Linie von Frutigen bis Brig elektrisch betrieben werden. Der Kanton Bern ist der Hauptaktionär der „Vereinigten Kander- und Hageneckwerke". Eine weitere Kraftstation für den elektrischen Betrieb wird auf der Nordseite bei Kandergrund zur Verwertung der Wasserkraft der Kander in ihrer unmittelbaren Nähe angelegt. Auf der Südseite ist das „Elektrizitätswerk an der Lonza" imstande, genügende Strommengen auch für den elektrischen Betrieb der Bahn zu liefern.

Die geologischen Verhältnisse am Lötschbergtunnel wurden durch die Untersuchungen des Dr. v. Fellenberg, Dr. Kissling und Prof. Schardt tunlichst genau ermittelt. Nach ihrem Gutachten wird man im ersten Drittel des Tunnels von der Nordseite aus die sedimentären Ablagerungen der Kreide und der Juraformation durchfahren, während die beiden südlichen Dritteile des Tunnels im eruptiven Gesteine liegen: der mittlere Teil im Granit, das südliche Drittel vor Goppenstein im kristallinischen Glimmerschiefer. Fig. 9. Der Übergang vom sedimentären Gestein in den Granit ist schwer genau zu beurteilen. Der zweite Quartalbericht über den Stand der Arbeiten der Berner Alpenbahn hebt hervor, daß in bezug auf diese Gebiete am Nordrande der Alpen „der Wechsel der Auffassungen noch im lebhaften Fluß begriffen ist und Tatsache und Theorie bis jetzt ihre endgültige Vereinigung noch nicht gefunden haben. Wo es sich um die Durchbohrung so gewaltiger alpiner Gebirgsmassen handelt, wird daher heute sowohl wie auch noch in kommenden Zeiten die Prognose doch immer nur die Hauptleitlinien der subterranen Geologie und Petrographie geben können. Die letzten Details werden erst die genausten geologischen Aufnahmen im vorgetriebenen Stollen feststellen lassen. Hier wird sich der Wissenschaft ein neues, reiches Tatsachenmaterial bieten. Ohne Zweifel wird der Tunnel, besonders im kristallinischen Gebirge, eine unerschöpfliche Fülle nicht vorauszusehender Einzelheiten liefern."

Was die höchste Erdwärme anbelangt, die man voraussichtlich im Innern des Gebirges bei der Tunnelbohrung antreffen wird, so rechnet man auf eine maximale Gesteinstemperatur von rund 40° C. Auch ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß man heiße Quellen antreffen wird, zumal solche bei dem Bade Leuck, welches noch einige hundert Meter höher liegt als der Lötschbergtunnel, in nicht großer Entfernung von letzterem zutage treten. Das Verhalten dieser Quellen während der Tunnelbohrung wird genau beobachtet, um einen eventuellen Einfluß des Tunnelbaues auf den Wassergehalt der Leucker Thermal-Quellen feststellen zu können.

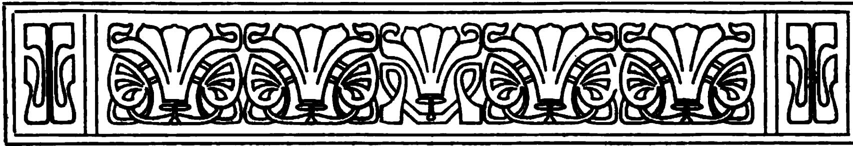
Digitized by Google

Der große Lötschbergtunnel war zunächst, wie die ganze Lötschbergbahn, nur eingeleisig projektiert. Dem Charakter der Anlage als Teilstück einer internationalen Verkehrslinie entspricht aber weit besser die zweigeleisige Ausführung, die jedoch einen entsprechend größeren Kostenaufwand verlangte. Die Berner Alpenbahn-Gesellschaft beantragte daher beim schweizerischen Bundesrate die Gewährung einer Subventionierung für die zweigeleisige Bauausführung des Tunnels im Betrage von 5 Mill. Fr., unter dem Hinweise darauf, daß der Bund die Bahn doch früher oder später verstaatlichen werde und daß alsdann die Erstellung des Doppelgeleises unverhältnismäßig höhere Kosten verursachen würde. Nach längeren Verhandlungen einigte man sich im Herbste 1907 dahin, daß der Bund dem Kanton Bern als dem Hauptbeteiligten an dem Bau der Lötschbergbahn eine einmalige Subvention im Betrage von 6 Mill. Franken bewilligt, jedoch unter der Bedingung, daß die Doppelspur nicht nur im großen Tunnel, sondern auch auf den unmittelbar an ihn sich anschließenden offenen Strecken zwischen den Stationen Kandersteg und Goppenstein direkt erstellt wird, und daß für die ganze Bahnlinie von Frutigen bis Brig schon bei Anlage der ersten Spur die Expropriationen des Grund und Bodens für die offene Strecke auf Doppelspur vorgenommen, die Fundationen der größeren Kunstbauten, die Stützmauern, Dämme usw. so ausgeführt werden, daß ein Ausbau auf das zweite Geleise ohne Hindernis nach Bedarf jederzeit sofort erfolgen kann.

Der große Tunnel sowohl wie die ganze Lötschbergbahn sollen im Frühjahr 1912 vollendet sein und dem Betriebe übergeben werden können, womit dann die Schweiz um eine wirtschaftlich bedeutende, landschaftlich großartige neue Alpenbahn reicher werden wird.



Digitized by Google



Aus der Pflanzenwelt Mexikos: Epiphyten oder Überpflanzen.

Von **Dr. Hermann Ross** in München.

Überraschung und Bewunderung, welche wohl jeden beim Anblick der charakteristischen großartigen Pflanzenwelt der Tropen erfüllen, beruhen zum Teil auf deren Üppigkeit, auf der Fülle und Stärke der Farben und der fast unerschöpflich scheinenden Vielgestaltigkeit der Formen, vor allem aber auf dem Vorhandensein zahlreicher Pflanzengenossenschaften oder Pflanzentypen, die in der einheimischen Flora gar nicht oder nur spärlich vertreten sind.

Bei tropischer Vegetation denkt man wohl zunächst an den „Urwald". Dieser verschwindet leider auch in Mexiko, einem so alten Kulturlande, wie in den meisten gesünderen und zugänglicheren Ländern zwischen den Wendekreisen immer mehr. Der fast dreihundertjährige Raubbau und das Aussaugesystem der Spanier haben auch die ursprünglich zweifellos sehr ausgedehnten Wälder der feuchtwarmen südlichen und südöstlichen Landstriche Mexikos in Mitleidenschaft gezogen. Vielfach ist nach ihrer Zerstörung neuer Wald entstanden, ob aber von gleicher Beschaffenheit und Zusammensetzung wie der frühere, ist kaum wahrscheinlich. Der jetzt auch im tropischen Mexiko stets mehr um sich greifenden Kultur, besonders der beständigen Ausbreitung und Neuanlage von Kautschuk-, Kakao- und Kaffeeplantagen, von Zuckerrohr- und Maisfeldern fallen fortgesetzt große Strecken des schönsten Waldes ganz oder teilweise zum Opfer.

Die verschiedenen Vegetationsformationen hängen in erster Linie von den dem betreffenden Landstriche zukommenden Wärme- und Feuchtigkeitsmengen sowie von deren Verteilung während der Jahreszeiten ab. Der typische Wald der heißen Gegenden, der tropische Regenwald, bedarf zu seiner üppigen Entwicklung nicht nur großer

Digitized by Google

Wärme, sondern auch reichlicher, nie zu lange Zeit ausbleibender Niederschläge, so daß stets große Luftfeuchtigkeit herrscht.

Den Gegensatz zum Wald bildet die Grasflur, welche bei uns hauptsächlich als Wiese oder Heide vertreten ist.

In den meisten Gebieten Mexikos bedingen die geringeren und oft auch unregelmäßigen Niederschläge während der kurzen, meistens von Mai oder Juni bis September oder Oktober dauernden Regenzeit eine in bezug auf Feuchtigkeit weniger anspruchsvolle Pflanzendecke. In der Grasflur herrschen ausdauernde, oft mannshohe Gräser neben kräftigen und vielgestaltigen Stauden. Ihre Entwicklung fällt hauptsächlich in die Regenzeit. Die dann lieblich grünen Flächen, welche meistens ein treffliches Weideland bilden, vergilben rasch beim Beginn der Trockenzeit. Die oberirdischen Teile dieser Pflanzen sterben ab, nur die unterirdischen (Wurzelstöcke usw.) überdauern die Trockenzeit, unseren Winter, bis die ersten Regen sie wieder zu neuem Leben erwecken. Wie vielfach in Amerika, so treten auch in den Grasfluren Mexikos in der Regel Holzgewächse auf, bald in Strauchform, bald als Bäume — nicht selten auch Palmen — einzeln oder zu lichten Gehölzgruppen vereinigt. Derartige Formationen heißen Savanne, im Gegensatz zu den baumlosen Prärien und Pampas. Savannen von verschiedenartigstem Aussehen und Zusammensetzung bedecken nicht nur weite Strecken des mexikanischen Hochlandes, sondern finden sich auch auf den trockeneren, niederen Abhängen der Randgebirge unterhalb der durch den Passat bedingten Wolkenregion. Wo in der Savanne infolge günstiger Feuchtigkeitsverhältnisse Holzgewächse reichlicher auftreten, kommt Savannenwald zur Ausbildung. Dies ist aber nicht der schön geschlossene, abwechslungsreiche Regenwald; er ist viel lichter, die Bäume erreichen nicht die Größe und Höhe wie ihre dortigen bevorzugten Genossen. Es sind andere Baumarten mit härterem, kleinerem Laube, welches diesen weniger günstigen Lebensbedingungen angepaßt ist. Zwischen den Bäumen zeigt sich reichhaltiges Unterholz, und auch krautartige Pflanzen treten in großer Zahl auf. Wo genügende und ununterbrochene Feuchtigkeit, hauptsächlich während der Regenzeit, vorhanden ist, kommen zusammenhängende, fast wiesenartige Grasfluren zustande. Geringere oder ungünstig verteilte Niederschläge verleihen denselben einen mehr steppenartigen, schließlich fast wüstenartigen Charakter, indem zwischen den büschelförmig wachsenden, meist steifen und harten, kräftigen Gräsern vielfach die nackte Erde sichtbar ist, wie in der alpinen Region der zahlreichen Vulkanberge.

Werden die atmosphärischen Niederschläge noch geringer oder unregelmäßiger, oder treten noch längere und heißere regenlose Zeiten ein,

Digitized by Google

so wird die Vegetation immer spärlicher, aber auch eigenartiger, da unter solchen ungünstigen Lebensbedingungen nur Pflanzen leben können, welche ihnen besonders gut angepaßt sind. Kakteen, Agaven, Bromeliaceen, Yucca-Arten und viele andere Saftpflanzen (Sukkulenten) sind neben einjährigen Gewächsen die wichtigsten Bewohner trockenster Steppen oder Halbwüsten. Treten Holzgewächse hier überhaupt auf, so sind es Zwergsträucher mit kleinen, oft eigenartig glänzenden (lackierten) Blättern. In vielen Fällen sind die Holzgewächse sehr trockener Gegenden stark bewehrt durch Dornen oder Stacheln, welche ihnen auch Schutz gewähren gegen die hier sonst wenig Nahrung findenden Tiere. In den eigentlichen Wüsten Nordmexikos ist das Pflanzenleben außerordentlich gering oder fehlt stellenweise gänzlich.

* * *

Kehren wir jedoch nach dieser kurzen Übersicht der wichtigsten Vegetationsformationen Mexikos zu jenem in bezug auf Wärme und Feuchtigkeit am meisten begünstigten Gebiete, dem tropischen Regenwald, zurück, um eine seiner charakteristischen und eigenartigsten Pflanzengenossenschaften, die Epiphyten oder Überpflanzen, kennen zu lernen.

Von außen her erscheint dieser Wald als ein fast undurchdringliches Dickicht. Die durch ihn führenden Wege, selbst die Eisenbahnlinien, müssen regelmäßig gelichtet oder ausgeholzt werden, um gangbar zu bleiben. Wo es gelingt, in das Innere dieses Waldes mit Hilfe von Waldmesser (machete) oder Axt einzudringen oder von günstigen Stellen des Weges einen prüfenden Blick in denselben zu werfen, da bleibt das Auge bewundernd hängen an den gewaltigen Baumriesen, an der meist aus zierlichen Farnen bestehenden Bodenvegetation, welche in dem hier herrschenden schwachen Lichte gerade günstige Lebensbedingungen findet. Überall erblickt man große Mengen von Kletterpflanzen (Lianen), die oft schlangenartig sich über das Unterholz hinweg von Stamm zu Stamm, von Ast zu Ast emporarbeiten zu den lichtreichen Baumgipfeln, der verschiedensten Mittel sich bedienend, um so rasch als möglich in den Genuß des vollen Sonnenlichtes, dieses so wichtigen Lebensfaktors, zu gelangen.

Die Kletterpflanzen sind ja auch unserer Heimat nicht fremd. Schwingt doch auch bei uns die Waldrebe vermittels ihrer windenden Blattstiele sich bis in die Kronen der Bäume empor, während Winde, Hopfen, Geißblatt usw. nicht zu dicke Stämme umwinden und so trotz ihrer schwachen Sproßachsen rasch zum Vollgenuß des Lichtes gelangen. Aber was sind sie im Vergleich zu den oft riesenhaften Formen und un-

Digitized by Google

geheuren Mengen der Lianen der Tropen! Dort ist infolge der Fülle des Lichtes, der reichlichen Nährstoffe des Erdreichs, der günstigen Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse alles viel üppiger und kräftiger, vielgestaltiger und mannigfaltiger. Der Wettbewerb der zahlreichen Pflanzen untereinander hat hier viele eigenartige Anpassungen an ihre besonderen Lebensverhältnisse entstehen lassen.

Mehr noch als die Lianen überraschen die zahllosen großen und kleinen Pflanzen, welche sich in allen Teilen auf den Stämmen und Ästen der Bäume von der Krone bis zum Stammgrunde finden. Bei der großen Zahl der im Erdboden wachsenden Pflanzen und bei der geringen Menge von Licht, welche das dichte, hohe Laubdach der Waldriesen zu durchdringen vermag, schlugen besonders günstig ausgerüstete Pflanzen einen anderen Weg ein, um, ähnlich wie die Kletterpflanzen, aber in anderer Weise, zu günstigen Beleuchtungsverhältnissen zu kommen und gleichzeitig dem Kampf um ein Plätzchen im Erdboden zu entgehen. Besonders zahlreich und üppig sind diese Überpflanzen im tropischen Regenwald, sehr vielgestaltig aber auch auf den Savannenbäumen. Man denkt zunächst an Schmarotzer, welche also wie unsere Mistel leben: die Samen keimen auf einem Aste, die Wurzel des Keimlings dringt in die Gewebe des Astes ein, die Saugwurzeln breiten sich unter der Rinde immer mehr aus, um aus der Wirtspflanze ihre Nahrung zu ziehen. Die Schmarotzer oder Parasiten sind also an eine lebende Wirtspflanze gebunden; stirbt dieselbe ab, so gehen auch sie zugrunde, da sie sich nicht selbständig durch Aufnahme der Nährstoffe aus dem Erdreich ernähren können.

Die Mehrzahl der in den Tropen auf Bäumen lebenden Pflanzen sind aber keine Schmarotzer, denn sie entnehmen ihre Nahrung aus der Rindenoberfläche und aus der Luft. Besondere Einrichtungen zum Aufsaugen des Regenwassers, zum Ansammeln von pflanzlichen und tierischen Resten zur Humusbildung, zum möglichst sparsamen Verbrauch des ihnen nie reichlich zur Verfügung stehenden Wassers ermöglichen diesen Gewächsen das Gedeihen an ihren luftigen Standorten. Sie wachsen üppig weiter, wenn der Stützbaum auch längst dem Tode verfallen ist. Solche der atmosphärischen Lebensweise angepaßte Pflanzen bezeichnet der Botaniker als Epiphyten, was man wohl am besten mit Überpflanzen verdeutscht hat. In Europa fehlt diese Pflanzengenossenschaft gänzlich, falls man nicht die rindenbewohnenden Algen, Flechten, Laub- und Lebermoose dazu rechnen will. Gelegentlich trifft man zwar auch bei uns in Astlöchern und alten Bäumen (besonders Kopfweiden) einzelne Farne und Blütenpflanzen an. Dieselben sind aber nur zufällig an diesen außergewöhnlichen Standort gelangt, verschwinden leicht wieder und haben nichts gemeinsam mit den Überpflanzen der Tropen.

Digitized by Google

Lange Zeit hielt man die Epiphyten tatsächlich für Parasiten und gab einigen daher den wissenschaftlichen Artnamen „parasitica". Später unterschied man sie als unechte Parasiten, bis man die völlig verschiedene Lebensweise dieser beiden Pflanzengenossenschaften richtig erkannte.

* * *

Bei der Betrachtung dieser merkwürdigen Gewächse drängen sich dem aufmerksamen Beobachter verschiedene Fragen auf und als erste wohl zunächst die: Wie gelangen die Überpflanzen auf ihren eigenartigen, luftigen Standort, auf Äste, Stämme, sogar kahle, steile Felswände usw.? Die Mittel dazu sind der Wind sowie baumbewohnende Tiere, wie Vögel und Affen. Bau und Beschaffenheit der Samen oder Früchte der Überpflanzen sind tatsächlich fast ausnahmslos diesen Verbreitungsmitteln angepaßt, wie einige Beispiele zeigen mögen.

Die Orchideen, von denen viele Arten auch in Mexiko epiphytisch leben, haben äußerst zahlreiche, leichte (0,000002 gr) Samen, welche schon von dem leisesten Luftzuge fortgeführt werden. Eine Frucht der kleineren Arten enthält viele Tausende, die der größeren gewiß mehrere Millionen solcher staubfeinen Samen. Sie werden infolge besonderer Einrichtungen auch nicht auf einmal oder in großen Mengen vereinigt ausgestreut, sondern können erst nach und nach entleert werden.

Ebenso wie die Orchideen vertrauen die Farne ihre mikroskopisch kleinen und daher noch leichteren Fortpflanzungszellen, die Sporen, dem Winde an, weshalb auch diese Gruppe viele Vertreter an Überpflanzen aufweist.

Bei anderen Epiphyten sind die Samen oder Früchte stark abgeplattet, häutig berandet oder geflügelt, wie wir es an der Ulme und Esche kennen. So bieten sie dem Winde eine große Angriffsfläche und segeln, da sie infolge ihres inneren Baues verhältnismäßig leicht sind, durch die Luft, gelegentlich einen geeigneten Standort erreichend. Andere tragen als Flugapparat einen Haarschopf. Schwerere Samen oder solche, welche keine derartigen Einrichtungen haben, würden zu Boden fallen, und aus ihnen könnten niemals Bewohner höherer Äste oder Stämme hervorgehen.

Die Tiere vollziehen die Verbreitung der Überpflanzen, indem sie die saftigen oder stärkemehlhaltigen Früchte bzw. Samen verzehren, die ihnen durch lebhafte Färbung und aromatische Gerüche meist schon von weitem auffallen. Werden die Samen selbst genossen, so werden sie dadurch vernichtet, einzelne aber entgehen diesem Schicksal, sie werden vergessen oder beim Fressen verloren usw., wodurch die Pflanze dann doch zu ihrem Rechte kommt. Wird die ganze Frucht verzehrt,

Digitized by Google

so pflegen die Samen klein und mit einer harten Schale versehen zu sein, die den Keim vor der Zerstörung durch die Magensäfte usw. schützt. So passieren sie den Tierkörper nicht nur ohne Schaden, sondern ihre sonst oft schwere und langwierige Keimung geht auch infolge der Lockerung der harten Samenschale rascher und leichter vor sich. Mit den Exkrementen jener sich ja meistens in den Baumkronen aufhaltenden Tiere kommen dann diese Samen gelegentlich auf einen Ast.

Außer geeigneten Verbreitungsmitteln müssen aber die Samen und Früchte der Epiphyten auch Einrichtungen besitzen, um auf den Unebenheiten oder Rissen der Rinde leicht haften zu bleiben und dann dort zu keimen. Deshalb sind dieselben meist schmal, flach und zugespitzt. In manchen Fällen entwickelt der Keimling frühzeitig einen Haarkranz an dem jungen Würzelchen, vermittels dessen eine rasche und sichere Befestigung der jungen Pflanze erfolgt.

Besonders bemerkenswert ist das Verhalten vieler Bromeliaceen oder Ananasgewächse, einer auf Amerika beschränkten Familie, die auch in Mexiko reich vertreten ist. Manche derselben (besonders Tillandsia-Arten) vermögen infolge ihrer äußerst zarten und leichten, günstig gestalteten Samen auch an senkrechten Stämmen oder sogar an den ganz glatten Oberflächen der säulenförmigen Kakteen zur Entwicklung zu kommen.

Mehrfach hatte ich Gelegenheit, zu beobachten, daß die gleichsam zu einem Knäuel verschlungenen Samen von Bromeliaceen in den aufgesprungenen Kapseln gekeimt und sich zu fast zentimetergroßen Pflänzchen entwickelt hatten. Diese werden dann wahrscheinlich durch den Wind fortgetragen und können sich rascher an geeigneten Standorten befestigen als keimende Samen.

* * *

Die Ernährungsbedingungen, welche die Überpflanzen auf den Ästen und Stämmen antreffen, sind von den gewöhnlichen wesentlich verschieden. Wie erhalten sie sich nun an diesem für die Aufnahme ihrer Nahrung zum Teil recht schwierigen und ungünstigen Standort?

Die erdbewohnenden Pflanzen können mit ihrem weit verzweigten und ausgedehnten Wurzelsystem in der Regel leicht ihr Bedürfnis an Wasser und Nährstoffen decken. Größere Bäume erreichen mit ihren langen Wurzeln tiefliegende, nie austrocknende Erdschichten und können so selbst während einer nicht zu lange andauernden Trockenzeit die umfangreichen Laubkronen mit genügenden Wassermengen versorgen. Die Wurzeln der epiphytisch lebenden Pflanzen aber müssen in vielen Hinsichten anders beschaffen sein, um, den eigenartigen Lebens-

Digitized by Google

bedingungen entsprechend, ihre Gewächse nicht nur wirksam befestigen, sondern auch ausreichend ernähren zu können. Anderseits müssen die Epiphyten auch mit dem aufgenommenen Wasser sorgfältig haushalten. Daher besitzen besonders diejenigen trockener Standorte die verschiedensten Einrichtungen, um die Verdunstung des Wassers möglichst herabzusetzen. Je ungünstiger und schwieriger die Lebensbedingungen der verschiedenen Typen von Überpflanzen sind, um so vollkommener und vielseitiger sind ihre besonderen Anpassungen.

Geringe Abweichungen in bezug auf Bau und Beschaffenheit der Wurzeln weisen diejenigen Epiphyten auf, welche in den unteren Regionen des tropischen Regenwaldes in den oft sehr umfangreichen Moosmassen und in den Ritzen und Spalten der Baumstämme, in Astlöchern usw. leben oder sich an alten, halb morschen Stämmen oder Ästen angesiedelt haben. Die rasch verwesenden Reste früherer Generationen bieten diesen Überpflanzen genügende Mengen von Nährstoffen. Farne und Verwandte (Lycopodium, Psilotum), Araceen usw. sind die häufigsten Bewohner solcher Standorte. Sie entwickeln meistens lange, kräftige Wurzeln, die an geeigneten Stellen, d. h. besonders dort, wo Feuchtigkeit und wenig Licht herrschen, sich reichlich verzweigen wie bei den übrigen Pflanzen im Erdreich. Anderseits können die Vertreter dieser Gruppe auch stark in die Länge entwickelte, kriechende Sproßachsen (Stengel) oder Wurzelstöcke haben, die dann vermittels zahlreicher Wurzeln oder Wurzelhaare an der Unterlage befestigt sind.

Eine wichtige Arbeitsteilung und somit ein Fortschritt in bezug auf die Anpassung an die schwierigen Ernährungsverhältnisse des atmosphärischen Standortes ist die Ausbildung von Haft- und Nährwurzeln. Die meisten epiphytisch lebenden Orchideen z. B. entwickeln bei der Keimung oder bei der Neubewurzelung zunächst Haftwurzeln, die in erster Linie die Befestigung der Pflanze besorgen, vorläufig aber auch noch der Wasseraufnahme dienen. Sehr bald jedoch bilden sich meist zahlreiche, frei in der Luft herabhängende, büschelförmige, kurze Nährwurzeln aus, die bei Trockenheit ihrer weißlichen Farbe wegen sehr auffallend sind. Diese Färbung beruht darauf, daß die äußersten Zellschichten dieser Luftwurzeln, die Wurzelhülle (velamen), aus luftführenden Zellen bestehen, die ähnlich wie ein trockener Schwamm leicht Wasser — hier also Regen und Tau —, vielleicht sogar Wasserdampf aufnehmen. Den Wurzeln der erdbewohnenden Orchideen fehlt eine solche Wurzelhülle, da sie derselben nicht bedürfen.

Epiphytische Orchideen bilden eine der größten Zierden unserer Gewächshäuser, und Mexiko hat nicht wenige derselben schon frühzeitig unseren Kulturen geliefert. Die während der Ruhezeit einge-

Digitized by Google

führten, wurzellosen Pflanzen werden von dem Gärtner anfangs künstlich auf Rindenstücken der Korkeiche befestigt. Häufiges Anspritzen mit lauem Wasser muß ihnen die tropischen Regengüsse ersetzen. Die für diese Pflanzen unbedingt notwendige reichliche Luftfeuchtigkeit wird dadurch auch gleichzeitig hergestellt.

Eine Anzahl von Überpflanzen schafft sich in anderer Weise besonders günstige Bedingungen. Sie entwickeln nämlich, nachdem sie sich durch Haftwurzeln befestigt haben, einige oder wenige kräftige Nährwurzeln, die rasch unter dem Einfluß der Schwerkraft dem Erdboden zuwachsen und in denselben eindringen. Tauähnlich hängen diese Wurzeln im tropischen Regenwald von den Stämmen und Asten in großer Menge herab, nicht selten ihrerseits anderen Epiphyten als Unterlage dienend.

Infolge ihres Standortes sind diese Überpflanzen dem heftigen Kampf ums Dasein auf dem Boden des Waldes entrückt, befinden sich außerdem in günstigeren Beleuchtungsverhältnissen, sind aber in bezug auf die Ausnutzung der Nährstoffe des Erdbodens fast ebenso gut daran wie die eigentlichen Bodenpflanzen. Unter günstigen Bedingungen entwickeln die Vertreter dieser Gruppe, z. B. viele Araceen, sich rasch und erreichen bedeutende Größe.

Die bekannte Fabel vom Maulwurf, der gutmütigerweise den Igel aufnimmt und schließlich von diesem aus seinem Bau verdrängt wird, findet in der Pflanzenwelt mehrfach würdige Gegenstücke, und in einem besonders charakteristischen Fall spielen Überpflanzen die Rolle des zuerst so bescheiden auftretenden und nachher seinem Wirt übel mitspielenden Igels. Es sind dies jene eigenartigen Holzgewächse, welche den schlecht klingenden, aber doch vollkommen gerechtfertigten Namen „Baumwürger“ führen. In Mexiko sind es meistens wie in den Tropen der alten Welt Feigenbäume, Ficus-Arten, seltener Vertreter anderer Familien, z. B. Clusia-Arten. Die meist durch Vögel verbreiteten Früchte keimen auf den Bäumen und befestigen sich dort mit Hilfe von eng der Rinde anliegenden Seitenwurzeln, während die Hauptwurzel meistens längs des Stammes dem Boden zustrebt und in denselben eindringt. Hier entwickelt sich in kurzer Zeit ein üppiges Wurzelsystem, welches dem anfangs noch kleinen Epiphyten so große Mengen von Nährstoffen zuführt, daß derselbe üppig gedeiht und ein prächtiges, aus großen Blättern bestehendes Laubwerk hervorbringt. Im Laufe der Zeit entstehen aus den Sproßachsen des Epiphyten, der in kurzer Zeit zu einem Baum herangewachsen ist, zahlreiche Beiwurzeln (Adventivwurzeln), welche anfangs frei in der Luft hängen, bald aber den Erdboden erreichen. Das den Stamm des Tragbaumes umgebende Wurzel-

Digitized by Google

werk verzweigt sich vielfach auch noch im Laufe der Zeit, die einzelnen Teile kommen dadurch in Berührung miteinander und verwachsen schließlich zu einem dichten Gitterwerk, das den Stamm der Tragpflanze fest umschließt. Dieser gefährliche Gast entwickelt sich rascher und üppiger als sein Wirt. Seine reiche Laubkrone erschwert letzterem den Lichtzutritt, und das den Stamm umgebende Wurzelgerüst macht das für den Stützbaum unbedingt notwendige Wachstum in die Dicke unmöglich; er wird förmlich erwürgt und geht schließlich zugrunde. Der ehemalige Epiphyt ist mittlerweile so erstarkt, daß er des stützenden Baumes nicht mehr bedarf. Er kann nun auf eigenen Füßen stehen. Hat der erstickte Stützbaum hartes Holz, so bleibt er lange Zeit erhalten, fällt er aber rasch der Fäulnis anheim, so bildet der Baumwürger oft einen gitterartigen Hohlzylinder, in dem unter Umständen sogar eine neue Pflanze, z. B. eine Palme, emporwachsen kann. Zahlreiche von den Seitenästen ausgehende Luftwurzeln stellen in immer größerem Maße und rascher die Verbindung zwischen der Krone des Baumwürgers und dem Erdboden her und ermöglichen es so, daß dieser bisweilen in kurzer Zeit einen so außergewöhnlichen Umfang in bezug auf Laubkrone und Stamm erreicht.

Weniger häufig tritt ein anderer Typus von Epiphyten auf, nämlich solche, deren Haftwurzeln in üblicher Weise zur Befestigung dienen, deren zahlreiche, kräftige Nährwurzeln aber nicht erdwendig oder lichtscheu sind, sondern sich hauptsächlich nach oben und seitlich entwickeln und so eine vogelnestartige Masse bilden, in deren Mitte die meist zu einer Rosette angeordneten Blätter stehen. Pflanzen- und Tierreste gelangen durch Wind und Regen in dieses Wurzelgewirr, verfaulen dort und liefern dem oft bedeutende Größe erreichenden Epiphyten die notwendige Nahrung. Hierher gehören einige Araceen und Farne.

Im tropischen Regenwalde, bei der Kautschukplantage La Junta auf dem Isthmus von Tehuantepec, sah ich, hoch oben auf Asten lebend, eine leider blütenlose Orchidee (wahrscheinlich eine Gongora- oder Coryanthes-Art), deren reich verzweigte Wurzelmassen ein Netzwerk von 30—40 cm Durchmesser bildeten. Alle Zwischenräume waren mit schwarzer Erde angefüllt und von großen Mengen kleiner Ameisen (Azteca Ulei Forel var. Rossi Forel) bewohnt, welche die Erde vom Boden empor zum Aste geschleppt hatten, um unter dem Schutze der Wurzeln ihr Nest zu bauen. Den Ameisen liefert das Wurzelwerk das Gerüst für ihr Nest; die Orchidee findet in der Erde und in den Exkrementen der Tiere reichliche Nahrung; die Ameisen und ihr Nest sind auf den Bäumen vor Überschwemmung durch die tropischen Regengüsse und

Digitized by Google

vor vielen anderen Feinden sicherer als auf dem Erdboden — ein Beispiel für friedliches Zusammenleben unter gegenseitigen Vorteilen (Symbiose) zwischen Pflanzen und Ameisen.

Die merkwürdigsten Überpflanzen weist die Familie der Bromeliaceen auf, die, wie schon erwähnt, auf Amerika beschränkt und in Mexiko besonders reich vertreten ist. Zu dieser gehören z. B. die Zisternenepiphyten, welche der atmosphärischen Lebensweise am vollkommensten angepaßt sind. Ihr Wurzelsystem ist schwach ausgebildet und dient, abgesehen von den ersten Lebensstadien, nur zur Befestigung der Pflanzen; sie besitzen also nur Haftwurzeln. Die Leitungsgewebe sind daher in diesen Wurzeln wenig entwickelt, während die Festigkeitsgewebe viel stärker als in Nährwurzeln ausgebildet sind. Außerdem stehen diese Haftwurzeln nicht unter dem Einfluß der Schwerkraft, sie sind nicht erdwendig, sondern legen sich gleich Ranken dem Aste, auf dem der Same keimte, an und haften schließlich so fest an der Unterlage, daß sie sich nur gewaltsam entfernen lassen; sie sind förmlich an dieselbe angekittet und funktionieren selbst dann noch ausgezeichnet, wenn sie längst abgestorben sind. Die Aufnahme des Wassers mit den darin gelösten Nährsalzen erfolgt bei den Zisternenepiphyten nur durch die meist flachen und breiten Blätter. Dieselben stehen in einer Rosette und schließen mit ihrem scheidenartig verbreiterten Grunde fest aneinander, in der Mitte einen Behälter (Zisterne) bildend, in dem sich Tau und Regen ansammeln, welche nach und nach von der Pflanze aufgenommen werden. Der untere Teil der Blätter, welcher meistens reichliche, eigenartig funktionierende, schuppenförmige Haare trägt, übernimmt hier die Arbeit der Wurzeln, d. h. die Aufnahme des Wassers; der obere, reichlich Blattgrün führende Teil dagegen dient, wie üblich, der Kohlenstoffassimilation. Daß die Wurzeln hier für Wasseraufnahme tatsächlich ohne Bedeutung sind, geht daraus hervor, daß solche Pflanzen, deren Wurzeln entfernt wurden, völlig frisch bleiben, solange die Zisterne mit Wasser gefüllt ist. In unseren Gewächshäusern werden diese durch zierliche, hübsch gefärbte Blüten und oft farbenprächtige Hochblätter ausgezeichneten Pflanzen teils wie Orchideen an Korkstücken befestigt, teils in Torfmoos oder ähnlichen, die Feuchtigkeit gleichmäßig haltenden Stoffen kultiviert.

Die Bromeliaceen sind gewissermaßen die Pioniere der atmosphärischen Pflanzenwelt. Infolge der vorzüglichen Ausrüstung ihrer Samen und ihrer Anspruchslosigkeit in bezug auf Keimung und Weiterentwicklung ist es ihnen möglich, sich fast überall anzusiedeln. In ihrem Wurzelwerk und den abgestorbenen Teilen finden dann immer anspruchsvollere Arten von Überpflanzen günstigere Bedingungen.

Digitized by Google

Einige in Mexiko vorkommende, epiphytisch lebende Bromeliaceen, wie Tillandsia bulbosa und verwandte, und manche Orchideen, z. B. Cattleya citrina, zeigen gegenüber allen anderen Pflanzen die seltene Erscheinung, daß sie nicht in der üblichen Weise den Gesetzen der Schwerkraft und des Lichtes unterworfen sind. Die Sprosse der schönen gelbblütigen Cattleya, die auch häufig in unseren Gewächshäusern angetroffen wird, wachsen nach unten; die Bromeliaceen dagegen pflegen nach allen Richtungen hin ihre Sprosse zu entwickeln.

Eigenartig durch Aussehen und Lebensweise ist die durch das ganze wärmere Amerika weitverbreitete Tillandsia usneoides, welche auch in vielen Gegenden Mexikos eine sehr charakteristische Erscheinung ist. Roßschweifartig hängen die zarten, meterlangen, silbergrauen Strähne in oft so dichten Massen von den Bäumen, daß deren Laub fast verdeckt wird. In der Umgebung der Stadt Mexiko findet sie sich oft, zum Teil zusammen mit anderen Arten dieser Familie (z. B. Tillandsia recurvata) auf den uralten, stattlichen Aguahete (Taxodium mexicanum). Die Eingeborenen nennen sie „heno", d. h. Heu. In den Gegenden ihres häufigsten Vorkommens, besonders in den südlichen Vereinigten Staaten, wird die hier Louisianamoos genannte Pflanze in großen Mengen gesammelt und als Pack- und Stopfmaterial verwendet.

Bei ihrer Keimung entwickeln sich einige schwache Haftwurzeln, die aber bald zugrunde gehen, und so ist dann die erwachsene Pflanze tatsächlich wurzellos. Ihre Nahrung nimmt sie in Form von Regenwasser oder Tau aus der Luft vermittelst der ihre ganze Oberfläche bedeckenden Schildhaare; sie sind es auch, welche ihr die silbergraue Färbung verleihen. Die Pflanze blüht verhältnismäßig selten, und die Vermehrung durch Samen kann daher wenig in Betracht kommen. Dagegen breitet sie sich außerordentlich rasch auf vegetativem Wege aus, indem die zahlreichen Sprosse infolge des von hinten her nach und nach erfolgenden Absterbens der Sproßachse durch den Wind losgerissen und fortgeführt werden. Auch Vögel benutzen die weichen und biegsamen Pflanzen zum Nestbau und tragen dadurch zu ihrer Verbreitung bei. Sehr wählerisch ist die Pflanze nicht, sie gedeiht z. B. selbst üppig auf den Drähten der elektrischen Leitungen in dem schönen Park von Chapultepec bei Mexiko, der Sommerresidenz des Präsidenten der Republik.

Überraschend ist der Anblick von epiphytisch lebenden Kakteen. Während wir sonst gewöhnt sind, gerade die Kakteen mit ihren plumpen, massigen Formen als die echten Bewohner der trockensten Gegenden zu sehen, gehören die epiphytischen Arten dem schattigen, feuchten Walde an. Rhipsalis-Arten senden ihre reich verzweigten, bleistiftdicken, blattlosen, bis meterlangen Sprosse in dichten Büscheln von

Digitized by Google

Stämmen und Asten herab. Cereus-Arten klettern der ganzen Länge nach, durch Haftwurzeln an der Unterlage befestigt, die Stämme entlang, verzweigen sich schließlich stark, und ihre 5—8 cm dicken Sprosse bilden in manchen Fällen 4—5 m lange, dichte, üppige, von den Asten herunterhängende, massige Büsche. Auch die in unsern Gewächshäusern sowie als Zimmerpflanzen häufig anzutreffenden Blattkaktus-(Phyllocactus-)Arten, welche ihrer schönen, großen, meist roten Blüten wegen sehr beliebt sind, leben epiphytisch, und einige Arten kommen auch in Mexiko vor.

* * *

Noch ein anderer Faktor kommt für die Erhaltung der Epiphyten in Betracht: mit dem so mühsam aufgenommenen und nicht immer reichlich vorhandenen Wasser muß möglichst haushälterisch umgegangen werden. Es finden sich daher bei ihnen, besonders bei den Arten, welche den glühenden Strahlen der Tropensonne ausgesetzt sind oder längere Trockenzeit durchzumachen haben, verschiedenartige Einrichtungen, um einerseits zur günstigen Zeit Wasser aufzuspeichern, anderseits den Wasserverlust (Transpiration) möglichst einzuschränken. Bei vielen Orchideen dient die knollenförmig angeschwollene Sproßachse zur Wasserspeicherung. Läßt man derartige Pflanzen längere Zeit in trockener Luft liegen, so geben die Knollen das Wasser und die organischen Substanzen an die Blätter ab, und diese erhalten sich lange frisch, während die Knollen nach und nach schlaffer und runzeliger werden. Trennt man die Blätter von den Knollen ab, so vertrocknen sie rasch, während die Knollen nur wenig Verlust an Wasser, selbst nach längerem Verweilen in einer trockenen Umgebung zeigen. Andere Orchideen entbehren der Knollen und speichern das Wasser in den lederartigen oder dickfleischigen Blättern selbst. Unter der Oberhaut der Blattoberseite findet sich ein besonderes Gewebe, das viel Wasser aufnehmen kann. In anderen Fällen geschieht dies durch einzelne Zellen (Speichertracheïden), die im grünen Gewebe des Blattes verteilt sind.

Knollenbildungen zum Zweck der Wasserspeicherung kommen außerdem bei vielen krautartigen, epiphytisch lebenden Gesneraceen vor. Bei den als Baumwürger erwähnten Clusia-Arten schwillt bei der Keimpflanze der untere Teil des Stengels knollenförmig an. Im späteren Alter, wenn die Gefahr des Austrocknens infolge der Verbindung mit dem Erdboden ausgeschlossen ist, verschwindet diese Einrichtung.

Bei vielen Arten der die Baumkronen bewohnenden Bromeliaceen sind die Blätter ebenfalls mit einem wasserspeichernden Gewebe ausgerüstet. Die schildförmigen Haare, welche dicht gedrängt die Blattfläche bedecken, schützen diese Pflanzen außerdem vor übermäßigem

Digitized by Google

Wasserverlust und ermöglichen es ihnen gleichzeitig, selbst die geringsten Mengen Niederschläge aufzunehmen. Bisweilen, z. B. bei einigen Gesneraceen, vergrößert sich das Wassergewebe mit dem Alter der dann mehrere Jahre ausdauernden Blätter, und die ältesten dienen zuletzt nur noch als Speicherorgane, um die jüngeren Teile des Sprosses nach und nach mit Wasser zu versorgen.

* * *

Und wie verhält es sich mit der Verteilung, dem Ursprung und der Ausbreitung der Überpflanzen?

Es ist allgemein bekannt, wie groß der Einfluß der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Bodens auf die Verteilung der Pflanzenwelt ist. Besonders der Kalk- oder Kieselgehalt des Erdreichs spielt hierbei eine große Rolle. Solche Einflüsse fallen bei den Epiphyten fast ganz fort. Dagegen ist die Beschaffenheit der Rinde des Stützbaumes von Bedeutung. Ist ihre Oberfläche rauh, uneben und mit Rissen versehen, leicht verwitternd oder sogar frühzeitig mit Flechten und Moosen bedeckt, so werden dort selbst weniger günstig ausgerüstete Samen oder Früchte leichter und sicherer keimen als auf glatter und ebener Oberfläche. Besonders ungünstig für die Besiedelung mit Epiphyten sind Bäume, deren äußere Rindenschichten als Borke regelmäßig abgestoßen werden. Auch die chemische Beschaffenheit des Zellinhalts der äußeren Rindengewebe ist nicht ganz ohne Bedeutung. Einige Baumarten sind aus allen diesen Gründen reicher an Epiphyten als andere.

Die für die Verteilung der atmosphärischen Vegetation hauptsächlich in betracht kommenden Faktoren sind aber Licht und Feuchtigkeit, und im Zusammenhang mit denselben lassen sich drei Regionen der epiphytischen Pflanzenwelt unterscheiden. Die auf dem unteren Teile der Bäume des tropischen Regenwaldes lebenden Überpflanzen erhalten nur schwaches Licht und sind von sehr feuchter Luft umgeben. Ihre Wasserverdunstung wird verhältnismäßig gering sein, und ihren Wasserbedarf können sie in der Regel leicht decken. Solche Überpflanzen zeigen noch viele Beziehungen zu den bodenbewohnenden Arten, und manche sind beiden Standorten gemeinsam. Sie bedürfen daher noch wenig besonderer Anpassungen. Es sind hauptsächlich Farne, Orchideen, Gewächse aus der Verwandtschaft des Aronstabes (Araceen) usw. Manche Pflanzen, welche im Erdboden keimen, an den Stämmen emporklettern und sich vermittels ihrer Wurzeln an der Unterlage befestigen (Wurzelkletterer), sterben nach und nach von unten her ab, verlieren dadurch die Verbindung mit dem Erdboden und werden so im späteren Lebensalter Epiphyten. Die als Zimmerpflanze sehr beliebte, durch ihre großen, durchlöcherten Blätter ausgezeichnete Aracee Monstera deliciosa

Digitized by Google

(Philodendron pertusum) wächst in solcher Weise an Bäumen und steilen Felswänden des tropischen Amerika.

Zu der mittleren Höhe der Bäume dringt schon eine größere Lichtmenge, und die Erwärmung ist hier stärker, so daß die diese Region bewohnenden Arten schon entsprechend ausgerüstet sein müssen, um besonders bei länger währender Trockenzeit nicht wegen Wassermangels zugrunde zu gehen.

Die am meisten und vollkommensten angepaßten Epiphyten leben aber in den Kronen der Bäume, wo sie die ganze Fülle des Tropensonnenlichtes genießen, aber auch vielfach längeren Trockenperioden ausgesetzt sind. Die hier lebenden Arten kommen gar nicht mehr auf dem Erdboden vor, sind aber imstande, auch auf freistehenden Bäumen zu vegetieren. Daher wird die Entwicklung der Epiphyten der drei erwähnten Regionen im tropischen Regenwalde von unten nach oben eine allmähliche gewesen sein. Der Übergang von den bodenbewohnenden Arten zu denen der untersten Regionen ist, wie wir gesehen haben, ein leichter, während die Bewohner der zweiten Region und mehr noch diejenigen der Baumkronen sich erst allmählich den neuen Lebensbedingungen angepaßt haben werden.

Epiphyten sind aber nicht auf den tropischen Regenwald beschränkt, sie finden sich auch in der Savanne und in den temperierten Wäldern. Ohne Zweifel hat ihre Ausbreitung aber vom tropischen Regenwalde her stattgefunden. Wird der Wald gelichtet oder bleiben nur einzelne Bäume übrig, so verschwinden die Epiphyten der unteren und mittleren Waldregion rasch, da neue, ungünstige Lebensbedingungen für sie eingetreten sind. Die den Baumkronen eigentümlichen Arten breiten sich dagegen jetzt über alle Teile solcher Bäume aus, da das Licht nun überall reichlich Zutritt hat und die Feuchtigkeit viel geringer ist als im geschlossenen Wald unter den dichten Baumkronen. Solche Fälle vermitteln dann ganz allmählich den Übergang zu den nicht mehr sehr verschiedenen Lebensbedingungen in der Savanne. Hier finden sich denn auch hauptsächlich Bromeliaceen, und zwar besonders reich mit Schildhaaren bedeckte Arten, ferner Orchideen mit großen Knollen und lederartigen Blättern sowie einzelne Farne. Manche der letzteren sind außerordentlich zählebig. Ihre Wedel können bei lange andauerndem Mangel an Niederschlägen eintrocknen und zusammenschrumpfen, bei eintretender Feuchtigkeit breiten sie sich wieder aus und vegetieren weiter. Diese Epiphyten bevorzugen die viel Licht durchlassenden Kronen kleinblättriger Bäume und Sträucher und fehlen fast gänzlich in den sehr dicht belaubten Holzpflanzen. Einige wenige Arten sind infolge Verbreitung der Samen durch den Wind und ihrer großen Anpassungsfähigkeit an die verschiedenen

Digitized by Google

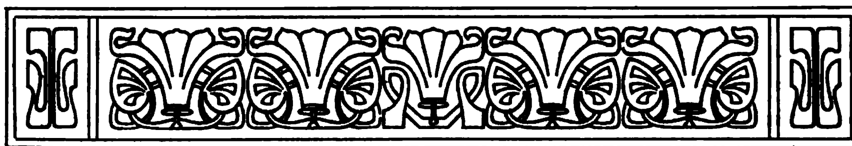
klimatischen Bedingungen außerordentlich weit verbreitet und kommen auch in niederen und hohen Lagen vor; andere sind auf kleine Gebiete beschränkt. Meistens wechseln aber die Arten mit zunehmender Höhe, und dadurch kommt auch die große Abwechslung in der epiphytischen Flora zustande.

Epiphyten kommen in allen wärmeren Gebieten der alten und neuen Welt vor, wo genügende Luftfeuchtigkeit vorhanden ist; im subtropischen und tropischen Amerika sind sie aber ganz außergewöhnlich reich entwickelt und bilden so auch in Mexiko eine außerordentlich wichtige Pflanzengenossenschaft. Weniger zahlreich treten sie in der Nähe des Meeres auf sowohl wegen des Salzgehaltes der Luft als auch wegen der zu geringen Feuchtigkeit. Ihre reichste Entwicklung finden sie in Mexiko an den vom Passat getroffenen, niederschlagsreichen Gebirgshängen, z. B. am Ostabhang des Pic von Orizaba, in der Höhe von 1000—2000 m; ferner auch in niedrigen Lagen in den üppigen tropischen Regenwäldern auf dem östlichen Abhang des Isthmus von Tehuantepec und den südlich davon gelegenen Gebieten. Einzelne gehen aber viel höher. Tillandsia usneoides und Tillandsia recurvata gedeihen ausgezeichnet in dem schönen Park von Chapultepec sowie am Rande des Pedregal von San Angel (ca. 2300 m), eines großartigen, alten Lavastroms, der sich einst aus dem Krater des Ajusco nach Norden ergossen hat. Am Pic von Orizaba sah ich noch einzelne Bromeliaceen an den herrlichen Kiefernstämmen bei 3000 m Höhe. Bei 3200 m am Fuße des Vulkans von Colima bedecken epiphytische Farne die Stämme uralter Erlen. Daß die Epiphyten nicht an besonders warmes Klima gebunden sind, zeigt auch ihr Vorkommen in sehr hohen und daher kühlen Lagen des Himalaja.

Die Ursache, daß in Europa, selbst in dessen südlichsten, genügend warmen und feuchten Teilen keine ähnliche epiphytische Vegetation vorkommt, wie in Mexiko oder den südlichen Vereinigten Staaten von Nordamerika, liegt darin, daß Südeuropa ebenso wie das temperierte Asien durch breite, ununterbrochene Wüstengürtel von der eigentlichen tropischen Pflanzenwelt scharf getrennt ist, was in Amerika nicht der Fall ist. Hier konnten sich diese luftigen Kinder der Tropen sowohl nach Norden als auch in höhere Regionen ungehindert ausbreiten, bis zu lange Trockenperioden oder strenge Kälte ihrer weiteren Ausdehnung Einhalt geboten.



Digitized by Google



Der Pic de Teyde auf Tenerife.

Von C. **Gagel** in Berlin.

Es gibt kaum einen zweiten Berg, der seit jeher in solchem Maße das Interesse der Gelehrten und Nichtgelehrten auf sich gezogen hat, der so viel in Reisebeschreibungen geschildert ist, wie der Pic von Tenerife.

Die Ursache dafür ist nicht nur seine Lage an einer der befahrensten Schiffahrtsstraßen der Welt, die riesige Größe, wunderbare Regelmäßigkeit und Schönheit des mächtigen Kegelberges, der sich unmittelbar aus dem Meere zu einer Höhe erhebt, die der relativen Höhe des Montblanc über dem Chamonixtale annähernd gleichkommt, der also, weil er sich so einsam und regelmäßig und ohne das ablenkende Beiwerk kleinerer, umrahmender Berge aus dem Meere erhebt, noch gewaltiger wirkt als die meisten anderen Berge von absolut größerer Höhe.

Eine Hauptursache liegt auch in dem Umstande, daß der Pic von mehreren der bedeutendsten Naturforschern — ich nenne nur A. v. Humboldt, Leop. v. Buch und K. v. Fritsch — eingehend und nach allen Richtungen hin untersucht und in klassischen Schilderungen beschrieben ist, daß Leop. v. Buch den Pic und das ihn im Süden und Osten umgebende Ringgebirge als typisches und schönstes Beispiel eines in einem „Erhebungskrater" aufgebauten Vulkans hingestellt hat und daß dieser Berg so in dem endlosen, die wissenschaftliche Welt lange in Aufregung haltenden Streit über die „Erhebungskrater" eine wesentliche Rolle gespielt hat.

Und in der Tat dürfte es kaum ein vulkanisches G e b i r g e*) geben, an dem man a l l e Erscheinungen des Vulkanismus so schön im Zu-

*) L. v. Buch nennt ihn sehr treffend: „ein Gebirge über einem Gebirge".

Digitized by Google

sammenhang und in so großartiger Ausbildung überblicken und studieren kann wie am Teyde und an dem ihn umgebenden und unterlagernden Ringgebirge, denn wenn auch z. B. die in mancher Beziehung einzig dastehende große Caldera von La Palma an vertikaler Höhe, Klarheit und Vollständigkeit der Aufschlüsse die des Teyde-Ringgebirges noch weit übertrifft, so fehlen dort doch der zentrale Kegel mit den wunderbaren, mächtigen, hängenden Lavaströmen, sowie die endlosen Bimssteinfelder der Cañadas; man muß sich dort auf längeren Touren in der Umgebung einzeln zusammensuchen, was man bei der Besteigung und von der Spitze des „Pic" mit einem Blick übersieht.

Ich wüßte keine Folgeerscheinung des Vulkanismus anzuführen, die am Pic nicht ebensogut, ja meistens besser und in gewaltigeren Dimensionen beobachtet werden könnte, als an anderen Vulkanbergen, nur daß er eben ein annähernd erloschener Vulkan ist, an dem und in dessen Umgebung seit etwa einem Jahrhundert keine Eruption geschmolzenen oder zertrümmerten Gesteinmaterials mehr stattgefunden hat und dessen Gipfelkrater nur noch im Solfatarenzustand sich befindet. Daß die vulkanischen Kräfte im Untergrunde von Tenerife noch längst nicht erloschen sind, beweisen aber die verwüstenden Eruptionen des 17. und 18. Jahrhunderts, deren eine den Ort und Hafen von Garachico vollständig zerstörte, und es ist gar nicht unwahrscheinlich, daß der Hauptkrater noch in historischen Zeiten vor der Eroberung der Insel durch die Spanier tätig gewesen ist, worauf der Guanchen-Name „Teyde" = Hölle hindeutet.

Der gewöhnliche Weg, den man bei einer Picbesteigung einschlägt, von Orotava über den Portillo, führt zuerst an den kleinen, schönen, schwarzen Aschenkegeln bei Orotava vorbei und dann sehr lange Zeit längs der Tigaigawand in die Höhe, die das Tal von Orotava im Westen begrenzt und einen sehr lehrreichen Einblick in den Aufbau des äußeren Ringgebirges bildet, das fast den ganzen Pic als „Erhebungskrater" umgibt bez. unterlagert.

Während man bis fast 2000 m Meereshöhe neben dieser mächtigen Steilwand in die Höhe reitet, sieht man aufs schönste, wie sie aus einer großen Anzahl übereinander folgender pseudoparalleler Lavaströme mit dazwischen liegenden Tuff- und Aschenlagen aufgebaut ist, unter welchen Strömen eine 40—60 m mächtige Bank phonolithischer Lava besonders auffält, sowie erheblich weiter oben in der Nähe des Cabezon mehrere vollständig weiße Bänke, die aus ganz zersetztem, auffallend leichtem und porösem Gestein — fast reinem Kaolin — bestehen, deren oberste im Kontakt mit der hangenden Phonolithdecke ein

Digitized by Google

ganz hellrot gebranntes Salband aufweist. Unter den Lavabänken, über die der holprige Maultierpfad sich in die Höhe windet, fallen schon lange vorher mehrere durch ihre sehr hellgraue Farbe und die wundervolle kugeligschalige Absonderung des Gesteins auf, so besonders am Palo blanco und etwa in 1000 bis 1100 m Meereshöhe am Monte verde, sowie in etwa 1450 m Höhe am Lomo muezo, wo man mit leichten Hammerschlägen überkopfgroße Kugeln durch schnelles Absplittern der zwiebelschaligen Lagen auf das Format kleiner Handstücke reduzieren kann. Die vorherrschenden Gesteine auf dem ganzen Wege sind Phonolithe, Tephrite und Augittrachyte; letztere sehr ähnlich den Gesteinen vom Arsotypus.

Bald sind wir durch die Wolkenregion hindurchgekommen und sehen von oben auf das blendend weiße, wogende Passatwolkenmeer, das in etwa 1200 m Meereshöhe endigt.

Von den üppigen, noch von A. v. Humboldt so begeistert gepriesenen Wäldern dieser Zone ist kaum eine Spur noch zu bemerken, so sehr hat inzwischen der Unverstand der Spanier mit ihnen aufgeräumt. Weiterhin treten mehrfach stark herausgewitterte Lavagänge aus dem Gelände hervor, zum Teil mit kugeligschaliger, zum Teil mit schön plattiger Absonderung, und die schöne Erica arborea mit ihren zahllosen, zarten Blüten bildet bis weit übermannshohe Büsche.

In etwa 1750 m Meereshöhe, wo die obenerwähnten weißen, zersetzten Kaolinbänke der Tigaigawand besonders deutlich hervortreten, tritt zum ersten Male die Charakterpflanze der Pic, die Retama (Cytisus nubigenus), vorerst allerdings noch in kümmerlichen Exemplaren auf, sowie der Codesostrauch (Cytisus proliferus), der jener hier noch mit Erfolg das Terrain streitig macht.

Schon zeigt das Aneroid erheblich über 1900 m Meereshöhe an, wir sind dicht ans Cabezon, der oberen Endigung des Tigaigarückens, und noch ist immer keine Spur vom Pic zu sehen. Da windet sich der Weg um einige mächtige vorstehende Felsen, und plötzlich steht der ganze, gewaltige Kegel in seiner imponierenden Größe von immer noch mehr als 1700 m vor uns, ein Anblick von so überwältigender Gewalt, daß mir tatsächlich für Momente der Atem stockte. Dieser Anblick des Pic vom Portillo aus ist eins von den Ereignissen, das auch die am höchsten gespannten Erwartungen einer durch meisterhafte Schilderungen genährten Phantasie weit übertrifft. So prachtvoll steht der riesige, ideal schön geformte Kegel über der weiten, hellen, fast ebenen Fläche des Cañadas vor dem tiefblauen Himmel, so wunderbar heben sich die gewaltigen, schwarzen Obsidianströme, die an seinem Mantel heruntergeflossen sind, von den mächtigen

Digitized by Google

Schneefeldern ab, die alle vertieften Stellen des Kegelmantels bedecken, so wunderbar schön sind die Proportionen zwischen dem Hauptkegel, dessen alten Kraterrand (die Rambletta) man deutlich selbst aus dieser Entfernung erkennt, und dem zuletzt aufgesetzten steilen Zuckerhut, dem „Piton", daß jede Beschreibung davor versagt. Die Photographie gibt gar keine Vorstellung von dem grandiosen Bilde, weil sie, abgesehen von der perspektivischen Verzerrung, auch nicht den ganzen — ich möchte sagen künstlerischen — Aufbau des Bildes umfaßt, sondern nur einen kleinen, ungünstigen Ausschnitt wiedergibt; es geht nicht einmal der ganze Pic auf die Platte, viel weniger der Rahmen des Cañadaszirkus.

Diese weite Ebene der Cañadas, die im wesentlichen aus feinem hellen Bimsstein und ziemlich vereinzelt daraus hervorragenden schwarzen und braunroten Schlackenmassen besteht und fast nur von den einzelstehenden, halbkugeligen Retamabüschen belebt wird, macht einen ziemlich öden, z. T. sogar wüstenhaften Eindruck.

Je mehr sich der Weg der Montagna blanca nähert, desto schöner tritt der gewaltige Cañadaszirkus hervor, jenes große Ringgebirge, das mit einem Durchmesser von etwa 3 deutschen Meilen den Pic im Osten und Süden umgibt, wie die Somma den Vesuv, und mit 500—700 m hohen Steilabstürzen nach innen, nach der Cañadasebene abstürzt. Prachtvoll sieht man bei der dünnen, klaren Luft die außerordentlich feine, regelmäßig und so unendlich weit parallel durchstreichende Schichtung in den Steilabstürzen der Zirkuswände, die zusammen mit dem während des Aufstieges studierten Radialschnitt der Tigaigawand den außerordentlich regelmäßigen Aufbau dieses Ringgebirges sehr gut veranschaulicht. Allmählich nähert sich der Weg zwischen ganz kleinen Ausbruchskegeln und den braunen, immer häufiger und massiger auftretenden Schlackenmassen der Cañadas, die z. T. eine sehr eigentümliche, halbglasige Struktur zeigen, der Montagna blanca, einem seitlichen, sehr großen Nebelkegel des Pic, der seinen Namen von den hellen, ihn zusammensetzenden Bimssteinmassen hat und im Sommer einen prachtvollen Kontrast zu dem schwarzen Obsidianmantel des Pic bilden muß. Die Bimssteinmassen werden immer grobkörniger und nehmen immer mehr einen deutlich gelblichen, z. T. auch rosig angehauchten Farbenton an — auch am Mantel des Pic zwischen den schwarzen Obsidianströmen gewahrt man noch mächtige, sich ziemlich hoch hinaufziehende Bimssteinmassen, die aber bald unter der immer dichter werdenden Schneedecke verschwinden.

Vereinzelte Schneeflecken und -felder sind schon auf der Cañadasebene in wenig über 2000 m Meereshöhe aufgetreten (am 18. März, also

Digitized by Google

schon ziemlich spät im Frühjahr) und in der Nähe der Montagna blanca liegen auch schon gewaltige, lose, schwarze Obsidianmassen herum, von denen es nicht immer leicht zu entscheiden ist, ob es gewaltige Auswürflinge oder abgerissene und heruntergestürzte Partien der großen hängenden Lavaströme sind, die dem Mantel des Pic in solcher Steilheit anhaften. Sowie man von der Montagna blanca auf den Lomo tiezo, den Verbindungsrücken zwischen der Montagna und dem eigentlichen Pic, hinüberreitet, zeigen sich im Süden die mächtigen Kuppen des Pico Guayaro und der andern dominierenden Höhen des Cañadaszirkus, die hier über 700 m relative Höhe erreichen; gleichzeitig verschwindet aber die Spitze des Pic in wirbelnden Schneewolken, die einzelne Flocken bis zu uns heruntersenden. Es war offenbar ein böses Unwetter im Anzuge, und höchste Eile tat not, um die Schutzhütte der Alta vista zu erreichen.

Über hartgefrorenen Schnee ging es steil aufwärts, aber nun versagten bald die braven Muli, die bis dahin so schön auf den holprigsten Steigen geklettert waren, auf dem ihnen ungewohnten Schnee vollständig, indem sie immer wieder durch die harte Kruste durchtraten und bis über die Knie einsanken, so daß ich notgedrungen heruntersteigen und selbst klettern mußte. Hier, etwa in der Höhe der Instancia dos Allemannos bei etwa 2850 m, als wir schon höher als die höchsten Kuppen des Cañadaszirkus standen, sah ich unerwarteterweise sehr schön das mir bis dahin nur aus Abbildungen bekannte Phänomen des Nieve penitente, des Büßerschnees oder Zackenfirns, dessen Vorkommen hier am Pic bisher in der wissenschaftlichen Literatur noch nicht bekannt war*).

In langen, parallelen, ungefähr NNW/SSO streichenden Reihen traten in den festen, hartgefrorenen Schnee regelmäßige, allerdings nur 2—3 dcm hohe Schmelzfiguren mit deutlicher Neigung nach N, (nach dem Pic zu) auf, die bis auf die geringere Größe durchaus den mir aus Abbildungen südamerikanischer Penitentesfelder bekannten Figuren entsprachen. — Leider war es bei dem Schneewirbel und der gebotenen Eile nicht möglich, das interessante Phänomen zu photographieren.

Endlich um 3¾ Uhr, bei wieder aufklärendem Wetter, erreichten wir die Alta vista mit der zwischen mächtigen obsidianartigen Lavaströmen gelegenen Schutzhütte, in der wir die Nacht verbringen sollten.

*) In dem sehr lesenswerten Buch des Historikers Fr. v. Löher: „Auf den Glücklichen Inseln" ist eine Stelle in der Picbeschreibung, aus der mir ziemlich sicher hervorzugehen scheint, daß Löher dieselbe Erscheinung ebenfalls schon beobachtet hat.

Digitized by Google

Genau nach 12 Stunden, bei wundervollem, sternklarem Wetter und knirschendem Schnee brachen wir wieder auf und kletterten langsam zwischen den gewaltigen, zerborstenen schwarzen Lavaströmen auf der harten Schneedecke aufwärts, bis wir etwa um 5 Uhr die Rambletta, den älteren großen Krater erreichten, der durch spätere Eruptionen fast ganz ausgefüllt ist und auf dem nun der letzte steile Eruptionskegel, der „Piton" oder Zuckerhut, mit merklich steilerer Neigung als der tiefere Picmantel steht. Hier und etwa 60 m höher an den „Narices del Teyde", wo aus kleinen Höhlungen etwas warmer Wasserdampf hervorquillt, mußten wir längere Pausen machen, da die starke Luftverdünnung sich doch schon sehr bemerklich machte, und die Herztätigkeit sehr lebhaft war.

Endlich Punkt 6 Uhr waren wir auf der höchsten Stelle des Kraterrandes, wo uns sofort der eisige, schneidende Antipassat, gemischt mit den erstickenden Kraterdämpfen, empfing, und kaum hatten wir uns eine etwas geschütztere Stelle ausgesucht, als 5 Minuten nach 6 Uhr (nach meiner Las Palmas-Zeit zeigenden Uhr) die Sonne aufging.

Das wundervolle Schauspiel des Sonnenaufgangs in dieser Höhe konnten wir leider nicht lange und nicht ungetrübt genießen; nur kurze Zeit noch waren die südlichen höchsten Randberge des Cañadaszirkus, sowie ein Teil der Cañadas mit dem prachtvollen, riesigen Krater des Pico viejo zu sehen, sehr bald verdeckten Nebel und Wolken die wenigen freien Stellen des Horizontes. La Palma und Gomera waren nur als schwache Schattenandeutungen, die übrigen Inseln des Archipels gar nicht zu sehen gewesen und über dem Tal von Ortava lag wieder das wogende, blendend weiße Passatwolkenmeer.

Auch die nähere Umgebung verschwand bald im dichten Nebel, so daß trotz aller Eile es bald aussichtslos wurde, etwas zu photographieren. — Nur der prachtvolle Schattenkegel des Pic, der sich weit nach Westen über Wolken und Meer erstreckte, war noch lange Zeit zu erkennen.

Augenblicklich befindet sich der Pic wieder in einem Zustand ziemlich gesteigerter Solfatarentätigkeit, nachdem lange Zeit das Austreten irgend welcher Dampfwolken aus dem Krater lebhaft bestritten worden ist; die widerlich-süßlichen, erstickenden Schwefeldämpfe traten in solchen Mengen auf, daß ich nach kurzer Zeit die greulichsten Kopfschmerzen bekam und nur mit aller Energie noch die notwendigsten Sammlungen und Beobachtungen beendigen konnte.

Auffällig ist das fast lächerliche Mißverhältnis zwischen der geringen Größe des Kraters und diesem Riesenvulkan; nach meiner

Digitized by Google

Schätzung besitzt der Krater nicht mehr als etwa 50 m Durchmesser und etwa 20 m Tiefe, bei 3764 m Höhe des ganzes Berges. Das ganze, in große Quadern zerborstene Gestein des Kraters ist ganz hell, fast weiß, durch Zersetzung der ursprünglich viel dunkleren Lava durch die schwefligen Dämpfe, und man muß schon sehr lange und eifrig klopfen, bis man ein einigermaßen frisches Stück des schön plattig abgesonderten, ursprünglichen dunkelgrauen Gesteins — Augittrachyt — erlangen kann.

Alle Ritzen und Klüfte, sowie ein großer Teil der Oberfläche sind mit kleinen, glitzernden Schwefelkristallen bedeckt, soweit sie nicht zu einer rötlichen, tonigen Masse zersetzt sind, und überall aus den Spalten brechen die sauren Dämpfe hervor, die mir den größten Teil meiner, noch in aller Eile gemachten, photographischen Aufnahmen trotz aller Vorsichtsmaßregeln verdorben haben.

Infolgedessen ist die Temperatur im Innern des Kraters auch wesentlich höher als auf den geschütztesten Stellen des Außenrandes; ich las 1 Stunde nach Sonnenaufgang außen —5 bis —6°, innen im Krater —3° ab und 491 mm Druck an dem geprüften Aneroid, was nach den Korrekturtabellen des Instruments noch auf 483,5 mm zu reduzieren ist; man hat also bei einer Picbesteigung innerhalb 24 Stunden mehr wie 280 mm Luftdruckverringerung durchzumachen, was sich schon sehr unangenehm bemerkbar macht.

Auch die dicken Nebel, die bald nach Sonnenaufgang die ganze Spitze des Pic einhüllten, bestanden im wesentlichen aus den Kondensationsprodukten des Kraterdampfes; beim Abstiege war ich schon wenige Meter unter der Spitze wieder in ganz klarer Luft und hatte schöne Aussichten über die Zirkusberge der Cañadas und erhebliche Teile der Insel, während über mir die dicke Dampfwolke schwebte.

Überwältigend war der kurze Blick bei Sonnenaufgang über den ganzen gewaltigen Kegel mit seinen beiden riesigen „Parasiten", der Montagna blanca mit unbedeutender Gipfelvertiefung und dem Pico viejo mit dem Riesenkrater, in den man gerade von oben hineinsieht, über die ausgedehnte Bimssteinfläche der Cañadas, aus der diese drei Vulkane sich erheben und das ungeheure Ringgebirge, das diese Bimssteinebene umgibt und mit so hohen steilen Wänden nach ihm abstürzt. Hier oben bekommt man mit einem Blick eine höchst anschauliche Vorstellung von den gewaltigen Dimensionen, die hier alles annimmt. — Der Ringwall der Cañadas hat über drei deutsche Meilen im Durchmesser und ist über doppelt so hoch als der Vesuv, und die Großartigkeit der alten v. Buchschen Theorie der Erhebungskrater kommt einem dabei so recht zum Bewußtsein.

Digitized by Google

Nach $1^1/_2$ Stunden Aufenthalt war ich am Ende meiner Widerstandsfähigkeit und mußte notgedrungen an den Abstieg denken, weil ich vor Schwindel und Übelkeit mich kaum noch aufrecht erhalten konnte — (bei der verhältnismäßig schwierigen und anstrengenden Besteigung des noch 30—70 m höheren Ortler habe ich keine Spur von Bergkrankheit und nur wenig Atembeschwerden gehabt; hier war ich ganz langsam hinaufgebummelt, ohne mich irgendwie anzustrengen, so daß ich diese Symptome mehr den Kraterdämpfen als der Bergkrankheit zuschreiben möchte), und erst an der Rambletta war ich dann wieder imstande, an weitere Beobachtungen zu denken.

Hier fand ich außer den bisher meistens beobachteten glasigen Obsidianlaven auch solche, die ein schön auskristallisiertes dunkles, Gestein mit großen Feldspateinsprenglingen zeigten; wie die Untersuchung ergeben hat, ist es ebenso Augittrachyt, wie das viel feinkörnigere Gestein des Gipfelkraters —; die mächtigen, dunklen Lavaströme mit ihrer wild zerrissenen Oberfläche machen, trotzdem sie nur wenig aus der Schneedecke herrausragten, doch einen sehr großartigen Eindruck.

Das Aneroid zeigte hier 501 mm (reduziert 494,5 mm) bei + 5°; der Piton ist also etwa 200 m hoch — von den Aschenmassen dieses höchsten Kegels habe ich wegen des tiefen Schnees nichts gesehen.

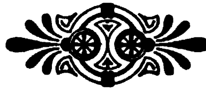
Von der schmalen, aber scharf abgesetzten Plattform der Rambletta, die die Stelle des älteren, ausgefüllten Kraters bezeichnet, geht's dann auf merklich schwächer geneigtem Abhang herunter zur Alta vista, von wo ich nach zweistündiger Ruhepause mich weiter auf den definitiven Abstieg begab; den widerlichen, süßlichen Schwefelgeruch der Kraterdämpfe hatte ich aber noch lange in der Nase, und erst auf den Cañadas hatte ich so ziemlich alle Spuren des „mal del Teyde“ überwunden.

Noch einmal wandte ich mich am Fuße des Montagna blanca um, um einen letzten Blick auf die gewaltigen, hängenden schwarzen Obsidianströme zu werfen — alles war in schönster Klarheit zu sehen bis zur Rambletta. — Der „Piton“ aber steckte ganz in einer auf der Rambletta aufsitzenden Nebelbank, und ich habe ihn nur am Tage darauf von Orotava aus noch einmal auf eine halbe Stunde durch einen Wolkenriß gesehen.

Verblüfft hat mich bei der ganzen Tour besonders der so außerordentlich regelmäßige und gleichmäßige Aufbau in den sichtbaren Wänden des Cañadaszirkus, der den Gedanken an gewaltsame Katastrophen, wie sie mit der Entstehung eines Erhebungskraters verbunden sein müssen, eigentlich von vornherein ausschließt. Ich will

Digitized by Google

mangels genügender eigener Beobachtungen mich nicht in den Streit über die verschiedenen Möglichkeiten bezw. Wahrscheinlichkeiten der Entstehung dieses gewaltigen Ringwalles und der Vertiefung der Cañadas einlassen und kann nur jedem, der sich dafür interessiert, das so vorzügliche, aber so wenig erwähnte Buch von K. v. Fritsch über Tenerife angelegentlichst empfehlen, wo alle diesbezüglichen Argumente und Beobachtungen sorgfältig zusammengestellt sind; v. Fritsch ist ein überzeugter Anhänger der Entstehung des Cañadaszirkus durch Erosion.



Digitized by Google



Beobachtungen an Stimmgabeln.

In der Physikalischen Zeitschrift (8, 451—452, 1907) veröffentlicht Herr M. Th. Edelmann Beobachtungen über die Schwingungsdauer des Grundtones und des ersten Obertones von Stimmgabeln, aus denen sich für die Konstruktion von Stimmgabeln überaus bemerkenswerte Folgerungen ergeben. Überdies sind schon die beobachteten Tatsachen an sich interessant genug, um ein Eingehen auf die genannte Veröffentlichung zu rechtfertigen.

Versuche an Hunderten von Stimmgabeln haben den unzweifelhaften Beweis dafür erbracht, daß selbst bei vorzüglichster Arbeit der Gabeln bei gleichem Material und gleicher Dimensionierung der Zinken keinerlei Regelmäßigkeit hinsichtlich der Klangdauer des Grundtones und des ersten Obertones oder hinsichtlich des Verhältnisses zwischen diesen beiden Zeiten auftritt. Herr Edelmann führt als besonders auffallende Grenzfälle für die Schwingungsdauer der beiden Töne — des Grundtones und des ersten Obertones — drei Stimmgabeln an, und zwar:

Erstens eine im Besitze von Hofrat Prof. Bezold in München befindliche A-Gabel von 108,8 Schwingungen. Bei dieser Gabel ist der Grundton länger als 100 Sekunden hörbar, während der erste Oberton äußerst schnell verklingt; wird die Gabel fest in der Hand gehalten, so verklingt dieser Oberton bereits vor der Annäherung an das Ohr. Die zweite Gabel, Eigentum des Herrn Edelmann, ist eine genaue Kopie der ersten, nur mit veränderter Form des Stieles. Bei dieser Gabel tönt aber unter sonst gleichen Umständen der erste Oberton mehr als 50 Sekunden lang. Die dritte Gabel endlich, eine gleichfalls im Besitze des Herrn Edelmann befindliche c_3-Gabel mit 1034,6 Schwingungen, läßt den Grundton nicht länger als 3 Sekunden, den ersten Oberton aber 18 Sekunden lang hören.

Digitized by Google

Nicht minder auffallend war folgende an einer g_3-Gabel von 1550 Schwingungen gemachte Beobachtung: Im rohen Zustande, d. h. nur geschmiedet und gehobelt, erwies sich diese Gabel bei der Vorprüfung als sehr brauchbar und besaß eine lange Klangdauer. Nach der Fertigstellung hingegen war der Grundton überhaupt kaum vernehmbar, der Oberton aber geblieben.

Alle die geschilderten Erscheinungen treten nur dann auf, wenn man die Gabeln [am Stiele fest in der Hand hält. Ganz anders werden aber die Verhältnisse, wenn man die Gabeln recht lose zwischen den Fingern hält oder sie gar nur über einen horizontal ausgespannten Gummischlauch zwischen den Zinken aufhängt. Unter diesen Bedingungen treten lange Schwingungszeiten an die Stelle der im ersten Falle beobachteten kurzen. Schon dieser Umstand macht es wahrscheinlich, daß die mitgeteilten Erscheinungen ihren Grund nicht in Eigentümlichkeiten des Materials oder in Formfehlern der Gabeln haben, sondern daß andere Faktoren hierbei mitwirken.

Es gibt nämlich zwei Möglichkeiten, eine Stimmgabel zu erregen: Man kann sie in üblicher Weise beim Stiele halten und eine Zinke anschlagen: dann schwingt der Stiel longitudinal, und man erhält den „Gabelton"; oder man kann die Gabel auf zwei Schneiden legen, so daß der Stiel auf der einen, die beiden Zinken auf der andern Schneide ruhen, und die Gabel in der Mitte anschlagen: die Gabel schwingt dann wie ein in den beiden Knoten unterstützter elastischer Stab, der Stiel schwingt transversal, man erhält den „Plattenton".

Es hat sich nun gezeigt, daß bei der Bezoldschen A-Gabel der erste Oberton mit dem Plattenton in Einklang steht, während dies bei ihrer Kopie nicht zutrifft, daß ferner bei den beiden übrigen eingangs erwähnten Gabeln der Grundton mit dem Plattenton in Einklang steht. An einem Körper, bei dem zwei verschiedenen Schwingungsarten angehörende Töne im Einklang stehen, ist es aber, wie man längst weiß, nicht möglich, einen dieser Töne für sich allein zu erregen. Wird nun eine der drei erstgenannten Gabeln am Stiel gehalten und angeschlagen, so wird ein Teil der Schwingungsarbeit des Gabeltones beständig in Schwingungen des Plattentones umgewandelt, diese aber durch die den transversal schwingenden Stiel umschließende Hand immer wieder vernichtet, so daß der beiden Schwingungsarten — Gabelton und Plattenton — gemeinsame Ton sehr schnell verklingen muß. Die beobachteten Erscheinungen finden also hierdurch eine einfache Erklärung.

Digitized by Google

Diese Erklärung führt aber zugleich zu wichtigen Folgerungen für den zweckmäßigen Bau von Stimmgabeln, welche Herr Edelmann in die beiden Sätze zusammenfaßt:

„1. Sollen Stimmgabeln lange schwingen, so dürfen die Schwingungszahlen von Gabelton und Plattenton nicht im Verhältnis der ersten Primzahlen zueinander stehen.

2. Möglichst rein klingende Stimmgabeln erhält man, wenn der Plattenton auf den ersten Oberton gestimmt wird; die höheren Obertöne kommen wegen ihrer an sich nur kurzen Schwingungsdauer meist nicht in Betracht.“ Mi.

Himmelserscheinungen.

Übersicht über die Himmelserscheinungen
für April, Mai und Juni 1908[1]).

1. **Der Sternenhimmel.** Am 15. April um 12 Uhr, am 15. Mai um 10 Uhr, am 15. Juni um 8 Uhr erblickt man im Süden in der Gegend des Himmelsäquators das große Sternbild der Jungfrau. Der Hauptstern Spica, 10° südlich des Äquators, steht fast genau im Meridian, der rechte Winkel, den die fünf Jungfrausterne ε, δ, γ, η, β bilden, ein wenig rechts davon und oberhalb. Genau durch η geht der Äquator. Die beiden gleichhellen Sterne links von Spica sind die Hauptsterne der Wage, und an diese schließt sich weiter links das markante Sternbild des Scorpions, drei Sterne in gerader Linie, deren mittelster der rötliche Antares ist, und drei andere senkrecht dazu, vor jenen. Hoch über Spica funkelt noch ein rötlicher Stern erster Größe, Arcturus, über welchem die anderen Sterne des Bootes bis zum Zenit reichen. Dort stoßen sie an die Deichsel des großen Himmelswagens, der vom Zenit nach Westen hinabzusteigen beginnt. Unter ihm liegt nach Südwesten zunächst das große, aber an hellen Sternen arme Bild der Jagdhunde und dann das kleine, aber sternreiche Bild des Haares der Berenice. Dann kommt rechts von der Jungfrau der große Löwe mit Regulus. Über dem Westhorizonte liegen die Zwillingssterne Castor und Pollux. Die Verbindungslinie von Regulus nach ihnen streift in ihrer Mitte an einem Nebelschimmer vorbei, den das Fernrohr als Sternhaufen offenbart, nämlich die Præsepe im Krebs. Von den Zwillingssternen zieht sich über dem Südhorizont nach links die Wasserschlange mit Al-

[1]) Alle Zeitangaben in M. E. Z. und mit Ausnahme der Sonnenaufgänge in astronomischer Zählweise, d. h. mittags beginnend und bis 24 Uhr durchgezählt.

Digitized by Google

phard. Sie endet unweit des Raben, dessen fünf helle Sterne tief im Süden dicht rechts von Spica stehen.

Im Norden erblickt man das bekannte W der Cassiopea in geringer Höhe, davon links den Perseus, die Spitze seines gleichschenkligen Dreiecks nach unten kehrend. Davon weiter links schließt das ebenfalls gleichschenklige, aber größere Dreieck des Fuhrmannes die Kette nach den Zwillingen. Umgekehrt stößt rechts an die Cassiopea der Schwan, dessen Kreuzgestirn ebenso wie die genannten drei anderen Bilder in der Milchstraße liegt. Rechts von ihm steht Wega im dichten Kranze der vielen schwächeren Leiersterne.

Um die genaue Richtung nach Süden zu finden, suche man mit Hilfe einer Sternkarte die folgenden Sterne auf. Zu den angegebenen Tagen stehen dieselben um 10 Uhr genau im Meridian:

Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination	Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination
April 9	ψ Ursae maj.	3.0	11h 4m 31s	+44° 59.9'	Mai 31	γ Bootis	2.9	14h 28m 24s	+38° 42.7'
11	δ Leonis	2.4	11 9 14	+21 1.6	Juni 5	α Librae	2.7	14 45 49	−15 39.7
	ϑ Leonis	3.3	11 9 26	+15 55.9	8	β Bootis	3.3	14 58 30	+40 45.3
20	β Leonis	2.1	11 44 23	+15 5.1	11	δ Bootis	3.2	15 11 49	+33 39.5
24	ε Corvi	3.0	12 5 24	−22 6.6		β Librae	2.5	15 12 5	− 9 2.7
30	δ Corvi	2.8	12 25 7	−16 0.3	16	α Coronae bor.	2.2	15 30 49	+27 1.5
Mai 1	β Corvi	2.6	12 29 34	−22 53.4	18	α Serpentis	2.5	15 39 46	+ 6 42.9
7	12 Can. ven.	2.8	12 51 45	+38 49.0	20	μ Serpentis	3.3	15 44 51	− 3 9.0
8	ε Virginis	2.8	12 57 37	+11 27.2	22	δ Scorpii	2.3	15 54 55	−22 21.7
12	γ Hydrae	3.1	13 13 56	−22 41.3	24	β Scorpii	2.6	16 0 7	−19 33.3
14	α Virginis	1.1	13 20 22	−10 41.0	26	δ Ophiuchi	2.8	16 9 33	− 3 27.5
17	ζ Virginis	3.3	13 30 1	− 0 7.6	27	ε Ophiuchi	3.2	16 13 29	− 4 23.1
20	η Ursae maj.	1.8	13 43 57	+49 46.4	30	α Scorpii	1.2	16 23 48	−26 13.3
22	η Bootis	2.8	13 50 19	+18 51.5		β Herculis	2.6	16 26 18	+21 41.5
27	α Bootis	1.0	14 11 29	+19 39.7					

2. **Planetenlauf.** Merkur ist Anfang April Morgenstern und, da er kurz zuvor in größter westlicher Elongation war, vielleicht bei freiem Osthorizont für eine Viertel- bis eine halbe Stunde im Südosten vor Sonnenaufgang auffindbar. Am 7. Mai ist er in oberer Konjunktion und kann vom 20. ab, da er in hohe Deklinationen kommt, nun nach Sonnenuntergang längere Zeit gesehen werden. Sein Untergang erfolgt am 20. Mai um $9^h\ 32^m$, am 30. Mai um $10^h\ 18^m$, am 10. Juni um $10^h\ 14^m$, am 20. Juni um $9^h\ 34^m$, jeweils $1^h\ 32^m$, $2^h\ 4^m$, $1^h\ 49^m$, $1^h\ 4^m$ nach der Sonne, so daß für einen ganzen Monat Gelegenheit gegeben ist, den selten sichtbaren Planeten aufzufinden. Am Abend des 7. Juni ist eine Konjunktion mit Mars bei der die Planeten nur 19' auseinanderstehen, am 17. eine zweite mit $1^3/_4{}^\circ$ Abstand.

Venus ist, wie seit Anfang des Jahres, gleich nach Dunkelwerden hoch im Westen zu sehen. Unter den Pleiaden setzt sie ihren rechtläufigen Weg fort und geht dann erst gegen 11 Uhr unter. Am 4. April holt sie den roten Mars ein. Am 12. April kreuzt sie hoch über den Hyaden und wendet sich dann immer einige Grade über der Ekliptik, gegen den Stern β Tauri, unter dem sie am 26. steht. Sie ist nun an der Grenze zum Sternbild der Zwillinge auf dem Gipfel ihrer Bahn, und der „Abendstern" geht Anfang Mai genau um die

Digitized by Google

Mitternachtsstunde erst unter. Am 10. Mai werden die beiden Zwillingssterne η und μ von Venus nördlich passiert, am 15. Mai auch ε Geminorum. Zugleich nimmt der Glanz des Planeten so zu, daß er auch bei Tage, wenn nur das Auge vor direktem Sonnenlicht geschützt ist, gesehen werden kann. Das Helligkeitsmaximum tritt am 29. Mai ein. Nunmehr nähert sich der schöne Planet den beiden Zwillingssternen Castor und Pollux. Am 2. Juni steht er in der Graden, die Pollux mit δ Geminorum verbindet. Von dort bewegt er sich nur noch wenig nach links. Denn am 13. Juni ist er im Stillstand, er geht dann $10^1/_2$ Uhr unter. Die nun beginnende Rückläufigkeit des Planeten führt ihn so rasch der Sonne entgegen, daß er bereits in den letzten Junitagen nicht mehr vor Sonnenuntergang aufgefunden werden kann.

Mars ist immer noch am Abendhimmel zu sehen und Anfang April sehr leicht aufzufinden, da er dicht links von Venus steht. Am 4. April nachmittags um 4 Uhr geht Venus $1^1/_2{}^0$ nördlich an ihm vorbei. Nunmehr folgt Mars in langsamerer rechtläufiger Bewegung der sich schnell von ihm entfernenden Venus. Zwischen Pleiaden und Hyaden führt der Weg des Mars hindurch, und er bleibt bis $10^3/_4$ sichtbar. Nur langsam verfrüht sich sein Untergang. Mitte Mai steht der Planet zwischen den Hörnersternen des Stieres und geht $10^1/_2$ Uhr unter. Am 25. Mai ist η und am 28. μ Geminorum dicht unter dem Planeten. Am 5. Juni ist Mars unter ε Geminorum angelangt. Am 17. Juni steht umgekehrt der wandelnde Planet dicht über ζ der Zwillinge. Seit Ende Mai ist übrigens der gegenseitige Abstand der beiden die Erdbahn zunächst einschließenden Planeten nicht mehr im Wachsen. Da Venus ihre rechtläufige Bewegung verlangsamt hat, holt Mars sie wieder ein. Nunmehr, wo Venus sogar rückläufig wird, eilt sie dem Mars entgegen, und mit großer Geschwindigkeit nähern sich beide einer zweiten Konjunktion in diesem Quartal, die am 22. Juni rechts von den Zwillingssternen Castor und Pollux stattfindet. Dadurch wird vorübergehend eine wunderbare Konstellation von 4 hellen Sternen am Westhimmel gebildet. Inzwischen hat sich der Untergang des Mars auf $9^3/_4$ Uhr verfrüht. Während durch die starke Bewegung der Venus nach Westen diese Konstellation rasch aufgelöst wird, bleibt Mars, rechtläufig sich den Zwillingssternen noch weiter nähernd, bis Ende Juni sichtbar, wo er um $9^1/_2$ untergeht.

Jupiter ist am günstigsten in diesem Quartal zu sehen. Der zweite Stillstand ist gerade Anfang April vorüber, und der Planet setzt sich aus der Nähe der Praesepe im Krebs in rechtläufige Bewegung. Von Einbruch der Dunkelheit an sichtbar, und zwar hoch im Meridian, bleibt er bis $15^3/_4$ Uhr über dem Horizont. Der Praesepe kommt er langsam näher und geht unter ihr am 9. Mai in zwei Vollmondbreiten Abstand hindurch. Sein Untergang erfolgt pro Tag etwa vier Minuten früher, Anfang Juni um Mitternacht. Der immer schnellere Lauf nach Westen führt den großen Planeten Ende Juni dem Sternbilde des großen Löwen näher, ohne daß er es ganz erreichte. Ende Juni erfolgt der Untergang im Nordwesten bereits um $10^1/_4$ Uhr.

Saturn ist am Morgenhimmel von Mitte April ab in den Fischen in rechtläufiger Bewegung zu sehen. Gegen Ende des Quartals geht er bereits um die Mitternachtstunde auf.

Uranus, der immer noch im Schützen in ungünstiger Stellung für die Sternwarten der Nordhalbkugel verharrt, steht links unter π dieses Sternbildes und nähert sich ihm bald rückläufig. Erst am 7. Juli ist die Opposition mit der Sonne, und der dann um Mitternacht kulminierende Planet kann bei ganz

Digitized by Google

klarem Himmel und sehr durchsichtiger Luft mit Hilfe einer Sternkarte eben mit freiem Auge erkannt werden.

Neptun ist langsam rechtläufig rechts oberhalb von ζ Geminorum und kann mit einem kleinen Fernrohr am 15. Mai in $6^h\,55^m + 22^\circ\,3'$ aufgefunden werden. Er gleicht einem Sterne 8^m.

3. **Jupitermonde.** Nur die vor Mitternacht eintretenden Erscheinungen sind angezeigt unter Benützung der nachstehenden Abkürzungen:

Bed. beg. = Bedeckung des Trabanten durch den linken Rand der Planetenscheibe beginnt.

Verf. end. = Der Trabant kommt rechts vom Planeten aus dessen Schatten heraus.

Sch. beg. / Sch. end. } Der Schatten des Trabanten tritt { rechts auf die / links von der } Planetenscheibe { herauf / herunter }

Vor. beg. / Vor. end. } Der Trabant selbst tritt { rechts auf die / links von der } Planetenscheibe { herauf / herunter }

April					April					Mai				
1	9^h	57^m	II	Vor. beg.		10^h	18^m	I	Vor. beg.		9^h	24^m	I	Vor. end.
3	10	10	II	Verf. end.		11	35	I	Sch. beg.		10	0	II	Vor. end.
			I	Vor. beg.	27	11	7	I	Verf. end.		10	32	I	Sch. end.
	11	22	I	Sch. beg.	28	8	24	I	Sch. end.	30	10	35	III	Sch. end.
4	10	51	I	Verf. end.	Mai									
5	8	11	I	Sch. end	1	9^h	46^m	III	Vor. beg.	Juni				
6	7	58	III	Bed. beg.	3	9	34	II	Vor. beg.	1	9^h	45^m	IV	Vor. end.
	11	34	III	Bed. end.	4	9	27	I	Bed. beg.	3	11	50	I	Bed. beg.
10	7	24	II	Bed. beg.	5	8	27	III	Verf. end.	4	9	50	II	Vor. beg.
11	9	14	I	Bed. beg.		9	8	I	Vor. end.		10	6	I	Sch. beg.
12	7	46	I	Sch. beg.		9	46	II	Verf. end.		11	23	I	Vor. end.
	8	51	I	Vor. beg.		10	19	I	Sch. end.	5	9	41	I	Verf. end.
	9	4	IV	Sch. beg.	11	11	24	I	Bed. beg.	6	9	22	II	Verf. end.
	10	6	I	Sch. end.	12	8	39	I	Vor. beg.		10	20	III	Vor. end.
13	11	43	III	Bed. beg.		8	52	III	Verf. beg.		10	52	III	Sch. beg.
17	9	56	II	Bed. beg.		9	54	I	Sch. beg.	11	11	2	I	Vor. beg.
	10	39	III	Sch. end.		10	59	I	Vor. end.	12	11	36	I	Verf. end.
18	11	8	I	Bed. beg.	13	9	26	I	Verf. end.	13	10	57	III	Vor. beg.
19	8	24	I	Vor. beg.	15	9	42	IV	Vor. beg.		11	57	II	Verf. end.
	9	41	I	Sch. beg.	19	9	41	II	Bed. beg.	19	10	19	I	Bed. beg.
	9	51	II	Sch. end.		10	36	I	Vor. beg.	20	9	52	I	Vor. end.
	10	44	I	Vor. end.		11	38	III	Bed. end.		9	54	II	Bed. beg.
	12	1	I	Sch. end.		11	48	I	Sch. beg.		10	45	I	Sch. end.
20	9	11	I	Verf. end.	20	11	22	I	Verf. end.	22	9	30	II	Sch. end.
	11	28	IV	Bed. end.	21	8	37	I	Sch. end.	26	11	19	IV	Bed. beg.
24	9	27	III	Vor. end.		9	42	II	Sch. end.	27	9	31	I	Vor. beg.
	10	56	III	Sch. beg.	24	11	46	IV	Verf. end.		10	19	I	Sch. beg.
26	9	33	II	Sch. beg.	27	9	50	I	Bed. beg.	28	9	55	I	Verf. end.
	9	52	II	Vor. end.	28	9	23	II	Sch. beg.	29	10	33	II	Vor. end.

4. **Sternschnuppen.** Nur die Lyriden, ein aus dem Sternbilde der Leier in der Zeit vom 19.—30. April fallender Schwarm, sind mit Bestimmtheit zu erwarten, sonst sind nur gelegentliche Sternschnuppen wahrzunehmen.

Digitized by Google

5. **Sternbedeckungen** durch den Mond (sichtbar für Berlin):

Tag	Name des Sterns	Eintritt	Austritt	Positionswinkel[1] d. Eintritts	Positionswinkel[1] d. Austritts	Alter des Mondes[2] in Tagen
Mai 4	μ Geminorum	9h 47.4m	10h 42.0m	81°	285°	4
6	μ² Cancri	9 40.6	10 39.2	81	306	6
16	ψ Ophiuchi	12 30.1	13 42.3	122	276	16
Juni 14	4 Sagittarii	11 30.7	12 43.3	98	279	17
21	20 Ceti	12 41.2	13 35.0	85	228	24

6. **Mond** a) Phasen.

Erstes Viertel	April 8 5h 31m	Mai 8 0h 23m	Juni 6 17h 56m
Vollmond	16 5 55	15 17 32	14 2 55
Letztes Viertel	23 8 7	22 13 17	20 18 26
Neumond	30 4 33	29 16 15	28 5 32

b) Apsiden.

Erdferne	April 9 23h	Mai 7 19h	Juni 4 13h
Erdnähe	25 1	20 2	16 11

c) Konjunktionen mit den Planeten.

Mercur	April 29 9h	Mai 31 15h	Juni 28 22h
Venus	4 2	3 23	2 0 u. 29 2h
Mars	4 2	3 1	0 22 u. 29 18
Jupiter	9 12	7 0	3 15
Saturn	27 14	25 1	21 9

d) Auf- und Untergänge für Berlin.

Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang
April 1	18h 42m	6h 56m	Mai 1	17h 51m	8h 29m	Juni 1	18h 23m	10h 37m
4	19 53	10 51	4	19 42	11 58	4	21 30	12 26
7	21 53	14 2	7	22 39	13 57	7	— —	13 26
10	— —	15 48	10	0 55	15 3	10	3 20	14 16
13	3 12	16 57	13	4 28	15 53	13	7 17	15 35
16	6 48	17 49	16	8 22	17 4	16	10 40	18 33
19	10 39	19 6	19	11 56	19 36	19	12 20	22 44
22	13 59	21 46	22	13 51	23 34	22	13 18	1 24
25	15 45	0 25	25	14 52	2 17	25	14 22	5 12
28	16 45	4 32	28	15 53	6 10	28	16 16	8 30

7. **Sonne.**

Sonntag	Sternzeit f. den mittl. Berl. Mittag	Zeitgleichung mittl. — wahre Z.	Deklination der Sonne.	Aufgang für Berlin	Untergang für Berlin
April 5	0h 53m 23.48s	+ 2m 49.84s	+ 6° 0′.8	5h 34m	6h 45m
12	1 20 59.36	+ 0 52.51	+ 8 37.5	5 18	6 57
19	1 48 35.23	— 0 50.62	+11 7.0	5 2	7 9
26	2 16 11.11	— 2 13.37	+13 27.7	4 48	7 21

[1]) Vom nördlichsten Punkte des Mondes entgegen dem Uhrzeiger gezählt.

[2]) Vor Vollmond (Alter 15 Tage) finden die Eintritte am dunklen Rande statt, die Austritte am hellen; nachher ist es umgekehrt.

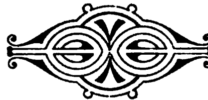
Digitized by Google

Sonntag	Sternzeit f. den mittl. Berl. Mittag	Zeitgleichung mittl. — wahre Z.	Dekli-nation	Aufgang für Berlin	Untergang für Berlin
Mai 3	2h 43m 46.99s	— 3m 11.47s	+15° 37'.6	4h 34m	7h 33m
10	3 11 22.88	— 3 43.17	+17 34.8	4 21	7 45
17	3 38 58.77	— 3 47.60	+19 17.5	4 10	7 56
24	4 6 34.66	— 3 24.38	+20 44.3	4 0	8 6
31	4 34 10.56	— 2 35.54	+21 53.7	3 52	8 15
Juni 7	5 1 46.46	— 1 26.43	+22 44.5	3 48	8 22
14	5 29 22.36	— 0 3.78	+23 15.8	3 45	8 27
21	5 56 58.27	+ 1 25.94	+23 27.0	3 45	8 30
28	6 24 34.17	+ 2 55.62	+23 18.0	3 47	8 30

Die Summe der 2. und 3. Kolumne gibt die Rektaszension der Sonne; die Äquatorhöhe, 37° 29.7', um die Deklination vermehrt gibt die Mittagshöhe der Sonne für Berlin.

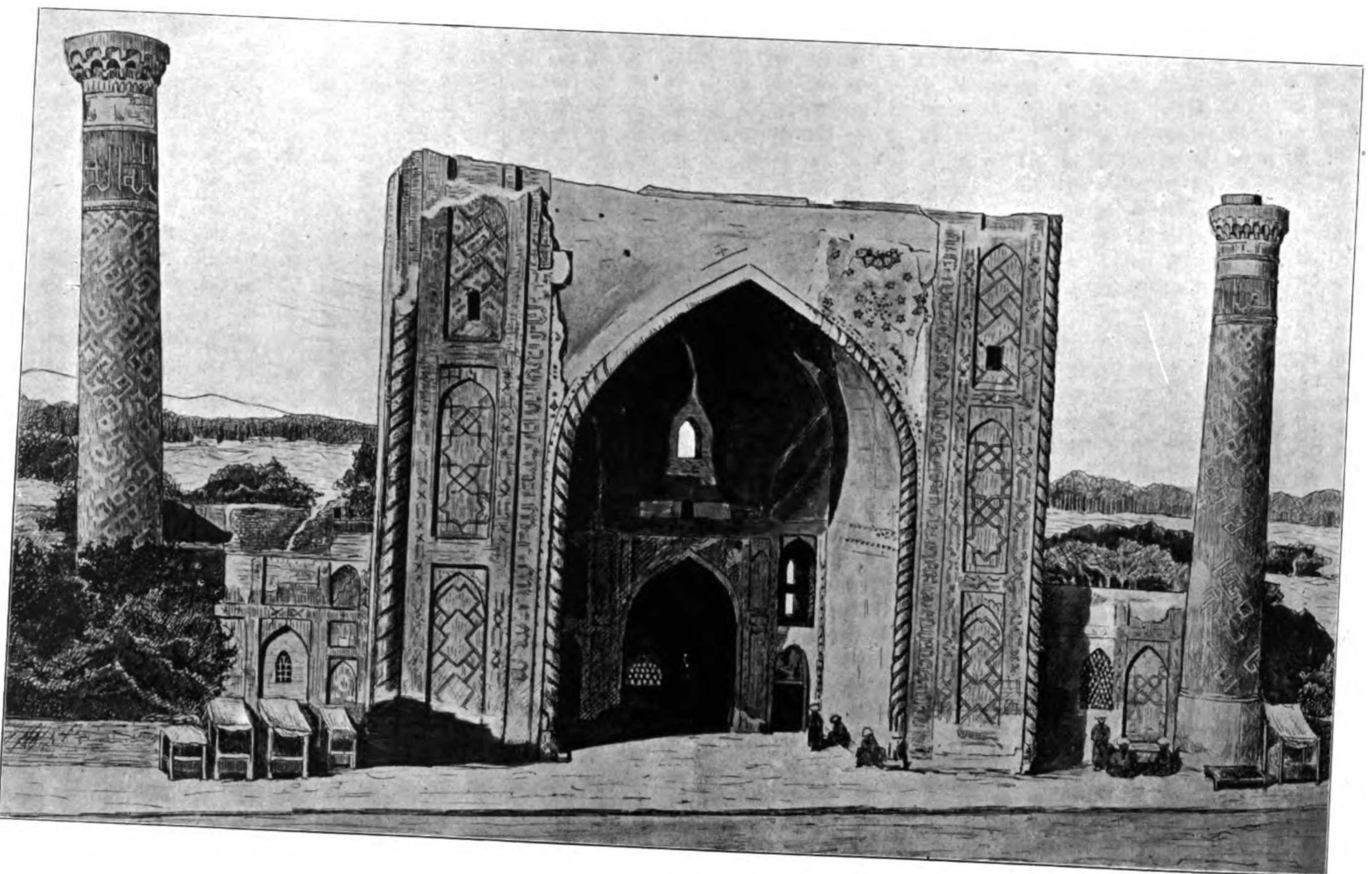
Am 21. Juni 9h tritt die Sonne in das Himmelszeichen des Krebses; damit beginnt der Sommer.

Eine ringförmige Sonnenfinsternis am 28. Juni ist als ganz kleine partiale Finsternis im südwestlichen Deutschland sichtbar. Orte, die südwestlich einer Linie, die durch Münster, Arolsen, Meiningen, Bayreuth geht, liegen, sehen bei Sonnenuntergang und kurz vorher den Mond rechts unten ein Stück vom Sonnenrande ausschneiden.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google



Medresse Ulugh-Beigh in Samarkand.
(Nach Photographie.)

Digitized by Google



Samarkand.

Reiseerinnerungen aus der alten Timuridenhauptstadt.

Von Dr. **K. Graff** in Hamburg.

Im Herzen von Zentralasien, am Nordabhange der westlichen Ausläufer des Alai-Tau liegt in einer fruchtbaren, von dem ehemaligen Meeresboden der Wüste Kisil-Kum eingeschlossenen Oase die Stadt Samarkand, eine Ortschaft, die nicht nur zu den ältesten, sondern auch zu den interessantesten Stätten des asiatischen Kontinents gezählt werden kann. Hier, in der Gegend zwischen dem Amu- und Syr-Darja, dem Oxus und Jaxartes der Alten, hat wahrscheinlich die Wiege der indogermanischen Völker gestanden; aber selbst wenn diese Auffassung im Laufe der Zeit der geschichtlichen Kritik nicht völlig standhalten sollte, behält das westliche Zentralasien sein hohes kulturhistorisches Interesse insofern, als es einer ungewöhnlich großen Anzahl von Völkerstämmen als zeitweiliger Wohnsitz oder als Durchgangsgebiet nach dem Westen gedient hat.

Die historische Entwickelung des Landes, verbunden mit der abgeschlossenen Lage dieses Fleckes Erde, hat es mit sich gebracht, daß noch heute kaum irgend anderswo auf der Oberfläche unseres Planeten so viele Völkerstämme in buntem Durcheinander wohnen, wie gerade im Gebiete des heutigen Westturkestan. Franz von Schwarz, der 15 Jahre in diesen Gegenden lebte, und dem wir ein umfangreiches statistisches Material über Land und Leute in Turkestan verdanken, zählt nicht weniger als 14 indogermanische und 8 mongolische Völkerstämme auf, die bereits von alten Historikern, insbesondere von Arrian und Quintus Curtius, erwähnt werden. Im Laufe der nachchristlichen Zeit ist diese Zahl durch das Vordringen weiterer mongolischer Stämme nach Westen noch wesentlich gewachsen, und heutzutage lassen sich dort neben einem Dutzend indo-

Digitized by Google

germanischer noch etwa 20 mongolische Völker nachweisen, ganz abgesehen von den zahlreichen Arabern und Juden, die als Vertreter der semitischen Rasse ebenfalls bereits seit undenklichen Zeiten in Turkestan angesiedelt sind.

Trotz des Interesses, das gerade Turkestan für Europa hat, blieb es doch bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts hinein für die westliche Kulturwelt noch eine terra incognita, und nur spärliche Nachrichten drangen ab und zu aus jener Gegend über die undurchdringlichen Sandwüsten des Kara- und Kisil-Kum bis zum Abendlande herüber; ja selbst heute noch macht es einige Mühe, aus der Wahrheit und Dichtung orientalischer Geschichtswerke ein zusammenhängendes Bild von der historischen Entwickelung der berühmten Kulturoasen dieses interessanten Erdstrichs zu gewinnen. Was speziell Samarkand anbetrifft, so muß es neben Merw als eine der ältesten Ansiedlungen von Zentralasien gelten. Bereits die ersten flüchtigen Ausgrabungen, die hier vor einigen Jahren Barczewski vorgenommen hat, förderten eine Reihe von Artefakten der Steinzeit zutage, aus denen hervorgeht, daß an den Ufern des „goldstreuenden" Flusses, des Serafschan, der noch heute in mehreren Armen die Stadt bewässert, schon in prähistorischen Zeiten einzelne Völkerstämme zeitweiligen Wohnsitz gefunden hatten. Aus historischer Vergangenheit ist bekannt, daß die Stadt im Altertum Maracanda hieß und bereits zur Zeit der persischen Heldengeschichte eine blühende Ortschaft mit mehreren Tausend Einwohnern bildete, daß sie seit den Eroberungszügen des Cyrus zum persischen Reiche gehörte, und daß Alexander der Große auf seinen Feldzügen im heutigen Turkestan Maracanda zum Mittelpunkte seiner kriegerischen Operationen wählte. Hier war es auch, wo der jugendliche macedonische Eroberer im Jahre 328 v. Chr. die Tochter des unterworfenen Fürsten Oxyartes von Sogdiana, die schöne Roxane, die „Perle des Morgenlandes", zur Frau nahm und seinen Freund Klitus, der ihm einst am Granikus im Schlachtgetümmel das Leben gerettet hatte, bei einem Gastmahl erstach. Nach dem frühzeitigen Tode Alexanders fiel Sogdiana und dessen Hauptstadt Maracanda an Seleucus Nicator und nach ihm an dessen Nachfolger, die Seleuciden. Später folgten einander die Parther, die Sassaniden und Chinesen in der Herrschaft über das heutige Samarkand, und im 7. Jahrhundert nach Chr. eroberten es die Araber. Der direkten Regierung der Chalifen folgte die Dynastie der Samaniden, unter deren Herrschaft Samarkand ein Hort des Friedens und der Wissenschaft wurde, bis im Jahre 1004 die türkischen Fürsten der Seldschuken-Dynastie sich der Oberhoheit bemächtigten. Im Jahre 1221 ergoß sich die Mongolenflut des Dschingis-Chan in ihrem elementaren vernichtenden Zuge auch über das blühende Samarkand und ließ hier ebenso

Digitized by Google

wie an anderen Stellen von Zentralasien, in Urgendsch, Chiwa, Buchara und Merw, ein endloses Trümmerfeld zurück.

Eine Auferstehung zu früherer Kulturhöhe, die sich besonders in den noch heute vorhandenen Resten von prächtigen Baudenkmälern kundgibt, erreichte Samarkand, allerdings auf Kosten rücksichtsloser Plünderung aller Nachbarländer, erst unter der Herrschaft der Timuriden, deren Stammvater Timur-Lenk (der lahme Timur), im Abendlande auch Tamerlan genannt, im Jahre 1370 Samarkand zur Hauptstadt seines ungeheuren Reiches machte. Wie rasch die Stadt und das Land jetzt wieder emporblühten, ersieht man daraus, daß fast alle jene wunderbaren Bauten, die eine lange Kette von Sehenswürdigkeiten des heutigen Westturkestan bilden, zur Zeit Timurs und seiner ersten Nachfolger entstanden sind. Mit dem Tode des letzten Timuridenherrschers im Jahre 1506 ging auch die Blüte des Landes dahin, und gar bald verlor Samarkand den bisherigen Ruf, eine der ersten und bedeutendsten Pflegestätten von Kunst und Wissenschaft des mohammedanischen Orients zu sein. Dieser Verfall der Stadt, der unter Scheibani-Chan und dessen Nachfolgern einsetzte, vollzog sich später unter der Herrschaft der Uzbeken in rascher Folge; die Stadt, die bei ihrer Eroberung durch Dschingis-Chan und später unter Timur viele Tausende Einwohner und Hunderte von Fremden in ihren Mauern beherbergte, sank im 17. und 18. Jahrhundert zu einer armseligen Ansiedlung herab und zählte nur noch wenige Einwohner. Im 19. Jahrhundert, bis zur Eroberung der Stadt durch die Russen im Jahre 1868 erholte sich Samarkand wieder ein wenig, ohne jedoch auch nur im entferntesten mit Buchara, der zweiten Hauptstadt des Landes und der Residenz seiner uzbekischen Herrscher, wetteifern zu können.

Die ersten Nachrichten über Zentralasien gelangten ins Abendland durch den Venezianer Marco Polo, der zusammen mit seinem Vater und Oheim einer Einladung des Tartaren-Chans Kublai nach der Mongolei folgte, und den sein Weg auch quer durch Turkestan führte. Ein Jahrhundert später, als bereits Timur in Samarkand Hof hielt, gelangten wieder zwei Europäer, der Gesandte Heinrichs III. von Kastilien, Don Ruy Gonzales de Clavigo, und ein deutscher Ritterknappe, der Münchener Schiltberger, nach Zentralasien. Von beiden sind uns interessante Berichte über ihren Aufenthalt in der Hauptstadt des Tamerlanschen Reiches erhalten geblieben. Aber während der kastilische Gesandte, der von Timur mit dem ganzen Aufwand orientalischer Gastfreundschaft empfangen und aufgenommen worden war, voller Begeisterung die Stadt, ihre Schlösser und Gärten schildert, weiß Schiltberger, den das Geschick nach der Schlacht bei Angora als Sklaven nach Samarkand geführt, nur wenig über die Stadt selbst zu berichten. Der betreffende Teil seines Buches

Digitized by Google

schildert neben persönlichen Erlebnissen fast ausschließlich Episoden aus den Feldzügen Timurs; der Bericht ist aber insofern interessant, als er diesen Herrscher einmal von einer anderen Seite, als den rücksichtslosen, grausamen Eroberer darstellt, und nicht nur als den Freund der Künste und Wissenschaften, als den ihn seine morgenländischen Zeitgenossen und späteren Biographen schildern.

In den Jahrzehnten kurz vor der Eroberung Samarkands durch die Russen gehörte eine Reise nach Zentralasien zu den tollkühnsten Wagnissen, die ein Forschungsreisender zu unternehmen imstande war. Allgemeiner bekannt dürfte das Schicksal der beiden Engländer Stoddard und Conolly sein, die trotz ihres Charakters als Abgesandte der englischen Regierung im Jahre 1842 in eines der berüchtigten Gefängnisse Bucharas eingesperrt und nach einigen Monaten hingerichtet wurden. Nicht besser erging es noch im Jahre 1857 dem deutschen Forschungsreisenden Adolf von Schlagintweit, der nach Überschreitung des Kuen-Lüen in Kaschgar ein Opfer des Fremdenhasses wurde. Diese Erfahrungen wirkten jedoch kaum abschreckend, denn schon im Jahre 1863 finden wir wieder einen Europäer auf dem Wege durch die turkestanischen Oasen. Es war der Ungar Vambéry, der als Derwisch verkleidet von Teheran aus in die Gegend jenseits des Amu-Darja vordrang, Buchara, Samarkand und eine ganze Reihe anderer historisch interessanter Ortschaften Zentralasiens besuchte, und trotz der steten Gefahr, in der er schwebte, erkannt zu werden, und trotz der Unmöglichkeit ausführlicherer Aufzeichnungen, ein geradezu klassisches Werk über Zentralasien verfaßt hat.

Heutzutage, besonders nach Fertigstellung der zentralasiatischen Bahn zwischen dem Ostufer des Kaspischen Meeres und Andishan in Ferganah, sowie der Bahnstrecke zwischen Orenburg und Taschkent und deren Weiterführung bis zu dem vorhin genannten Netz, ist das Reisen in jenen Gegenden kaum mit mehr Unzuträglichkeiten verbunden, als an anderen Stellen der Erde, und selbst in Buchara, das, von russischen Besitzungen umgeben, heute noch eine selbständige Scheinexistenz führt, läßt man jeden Fremden unbehelligt.

Als Mitglied der Expedition der Hamburger Sternwarte zur Beobachtung der Sonnenfinsternis vom 14. Januar 1907 hatte der Verfasser Gelegenheit, auf der Rückreise Samarkand und seine Baudenkmäler aus eigenem Anschauen kennen zu lernen. Trotz der kurzen Zeit, während der wir in der alten Timuridenhauptstadt verweilten, konnten wir doch unter der freundlichen Führung des Polizeipristaws von Samarkand fast alle interessanteren Gebäude der alten Stadt besichtigen. Wir verließen an einem klaren, sonnigen Mittag unser primitives Gasthaus in dem

Digitized by Google

russischen, westlich von der Eingeborenenstadt gelegenen Viertel und fuhren zunächst nach dem Mausoleum Timurs, das der neuen Stadt zwar am nächsten, aber doch noch soweit von ihr entfernt liegt, daß der Eindruck des Gebäudes in keinerlei Weise durch die Nachbarschaft europäischer Zivilisation gestört wird. Der Eingang zu dem Gebäude liegt an dessen Westseite. Die ehemalige Umfassungsmauer des Ge-



Gur-Emir, das Mausoleum Timurs und seiner Familie.

bäudekomplexes, der im Munde der Eingeborenen noch heute Gur-Emir, d. h. ruhender König, genannt wird, ist an dieser Stelle durch ein nach den sonstigen Verhältnissen der alten Samarkander Bauten zwar kleines, aber zierlich gebautes Portal unterbrochen. Dieses Eingangstor ist verhältnismäßig noch gut erhalten, und besonders an der vorderen, der Straße zugekehrten Seite fesselt das Auge eine in äußerst zarten Farben gehaltene Mosaikarbeit, die sich zwar im wesentlichen auf wenige Blumen-

Digitized by Google

muster und auf eine Unzahl von Arabesken beschränkt, unter diesen aber eine solche Mannigfaltigkeit aufweist, daß man tatsächlich nicht weiß, was man hier mehr bewundern soll: den prächtigen Schmelz und die Harmonie der Farben, die sich beide mehr als fünf Jahrhunderte hindurch absolut unverändert erhalten haben, oder die Geschicklichkeit des Baumeisters, der diesen Eingang mit einem so einheitlich und ruhig wirkenden und sich doch kaum an zwei Stellen wiederholenden Muster verziert hat. Die Rückwand des Portals trägt allerdings schon starke Spuren des Verfalls an sich, und die grauen Lehmziegel bilden einen um so größeren Kontrast zu den geringen, auch hier noch übriggebliebenen Spuren früheren Glanzes.

Doch wenden wir uns nun der Grabstätte Timurs, die uns hier vor allen Dingen interessiert, zu. Inmitten eines größeren gepflasterten Hofes, der heute mit einigen Ulmen, Aprikosen- und Maulbeerbäumen bepflanzt ist, erhebt sich vor uns die gewaltige, von einer prächtig türkisblauen Kuppel in Melonenform gekrönte Ruine, deren Inneres die sterblichen Reste des berühmten morgenländischen Eroberers birgt. Auch hier ist das ganze Mauerwerk mit einem Muster aus glasierten Ziegeln, mit Koraninschriften in weißen Schriftzeichen auf blauem Grunde bedeckt, und von dem trommelförmigen Untersatz der Kuppel, dem Tambour, leuchtet uns eine Koraninschrift in kufischen Lettern von geradezu unglaublichen Dimensionen entgegen. Wir betreten den Innenraum durch einen links von dem einstigen Hauptportal gelegenen Seiteneingang, gelangen hier zunächst in mehrere spärlich erleuchtete Korridore, in denen einige Mullahs Tag und Nacht Wache halten, und nach Übersteigung einer engen Treppe in ein achteckiges Gewölbe, dessen Mitte von einem äußerst zierlich gearbeiteten Alabastergitter umschlossen wird und acht größere Grabsteine birgt. Ein neunter befindet sich in der dem Eingange gegenüberliegenden Seitennische. Diese Grabsteine bestehen bis auf einen, der über der letzten Ruhestätte Timurs errichtet ist, sämtlich aus Marmor und sind zum Teil mit Arabesken, zum Teil mit Inschriften reich bedeckt. Die Grabplatte Timurs fällt nicht nur durch ihre Kleinheit, sondern auch durch ihre dunkelolivgrüne, fast schwarze Farbe auf, sowie dadurch, daß sie aus zwei fast gleichen aneinander geschliffenen Stücken besteht. Die ersten abendländischen Besucher des Tamerlanschen Grabes versuchten vergeblich, das Material dieses merkwürdigen Steines zu bestimmen. Heute wissen wir, daß die Reste keines anderen Herrschers der Welt unter einem so kostbaren Leichenstein bestattet liegen, wie diejenigen Timurs. Die betreffende Platte besteht nämlich aus zwei Nephritblöcken, den größten Stücken dieses seltenen Minerals, die man überhaupt kennt. Die Herkunft des Steins, auf dem sich in arabischer und persischer Sprache die Genealogie Timurs und seines Ahnen Dschingis-Chans verzeichnet

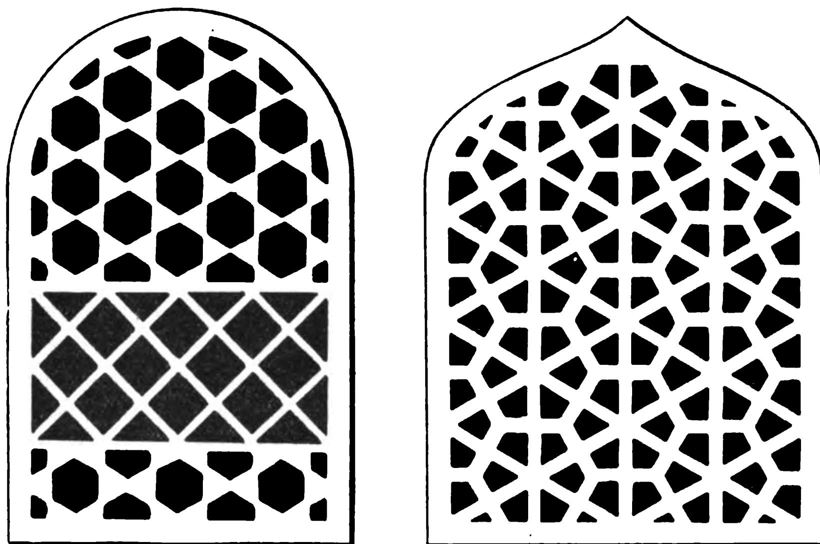
Digitized by Google

findet, ist nicht genau bekannt. Der uns herumführende Mullah wußte nur soviel zu berichten, daß dieser interessante Block von Timurs Enkel Ulugh-Beigh als Monolith aus Indien gebracht sein soll, unterwegs jedoch, möglicherweise auch bei der erst in Samarkand vorgenommenen weiteren Bearbeitung, in zwei Stücke zersprungen sei. Die Feststellung des tatsächlichen Ursprunges dieser beiden Nephritstücke, die insgesamt eine Länge von zwei Metern, eine Breite von etwa 40 und eine Höhe von 35 cm haben, würde schon insofern sehr interessant sein, als bekanntlich auch in neolithischen Gräbern unserer Heimat schon wiederholt Gebrauchs- und Kultgegenstände aus Nephrit vorgefunden worden sind, und die Gewinnung desselben durch eine einheimische Bergindustrie sich bisher nicht hat nachweisen lassen. Erst vor etwa 20 Jahren ist es gelungen, Fundstätten dieses Minerals auf europäischem Boden und zwar bei Jordansmühl und Reichenstein zu finden, während anstehenden, also gewissermaßen als Gestein vorkommenden Nephrit bis zu einer Knollengröße von 1,5 m im Durchmesser erst ganz neuerdings Kalkowsky in Ligurien nachweisen konnte. Die an dem Grabstein Timurs sichtbaren Beschädigungen mögen zum Teil von Pilgern, die sich früher von den Splittern Amulette herstellten, verursacht worden, zum Teil auf die ersten Europäer zurückzuführen sein, die sich sicher wiederholt von dem ihnen unbekannten Mineral Proben mitgenommen haben. Nach Ujfalvy ist in dieser Beziehung besonders rücksichtslos ein russischer Geologe verfahren, der ein faustgroßes Stück von dem Grabstein abschlug, um eine Analyse des Minerals vorzunehmen. Er ist jedoch gezwungen worden, das betreffende Stück zurückzubringen und es an der alten Stelle, so gut es eben ging, wieder zu befestigen.

Die acht anderen Grabsteine, die das Mausoleum Gur-Emir birgt, gehören verschiedenen Verwandten und Freunden Timurs an. Ein unmittelbar neben dem Nephritblock stehender Stein bezeichnet die letzte Ruhestätte des berühmten Enkels Timurs, Ulugh-Beigh, der sich als Astronom einen Namen erworben hat, und auf dessen wissenschaftliche Tätigkeit in Samarkand wir noch kurz zurückkommen werden. Weiter am Kopfende von Tamerlans Grabstein und dicht neben dem Totenleuchter bemerken wir einen Marmorblock, der über der letzten Ruhestätte seines Lehrers und Erziehers Mir-Said-Barak errichtet ist. Es ist für die Denkart jener Zeit bemerkenswert, daß Timur das prächtige Mausoleum im Jahre 1386 ursprünglich für diesen seinen Lehrer und Freund errichten ließ und erst kurz vor seinem Tode, der ihn im Jahre 1404 während der Vorbereitungen zu einem Feldzuge gegen China ereilte, die Bestimmung traf, daß auch sein Leichnam neben demjenigen Mir-Said-Baraks bestattet werden sollte.

Digitized by Google

Die Bedeutung der Männer, die unter den anderen Grabsteinen ruhen, interessiert hier nicht weiter, und wir können uns nunmehr der inneren Ausstattung des interessanten Raumes zuwenden. Die Bekleidung der Wände besteht aus sechseckigen Platten von Alabaster, an die sich ein Gesims aus grünlich-grauen Jaspisplatten anschließt, auf dem in enger, zierlicher Schrift die Taten Timurs verzeichnet sind. Historisch hat diese lapidare Inschrift kaum irgend einen besonderen Wert, da gerade die Heldentaten Timurs nicht nur von ihm selbst, sondern auch von einer Reihe bedeutender orientalischer Schriftsteller geschildert und bis auf unsere Zeit erhalten sind. Noch höher sind an den Wänden



Fenstergitter aus Alabaster vom Gur-Emir.

Reste von musivischen und Freskoarbeiten erkennbar, und über den Nischen wölben sich prächtig ausgeführte Stalaktitgewölbe aus Alabaster. In der Nische an dem Totenleuchter, die nach außenhin durch ein wundervolles Gitterfenster aus Marmor abgeschlossen ist, finden wir zwei rohe Stangen, von denen die eine ein weißes Banner, die andere einen Roßschweif trägt, beides Kennzeichen von Grabstätten bedeutender, um den Islam verdienter Männer.

Es muß hier noch erwähnt werden, daß die Gräber selbst, zu denen die neun Schaugrabsteine unter der Kuppel gehören, in dem Kellergeschoß von Gur-Emir untergebracht sind. Die Steine sind hier unten ohne Unterschied aus Marmor ausgeführt und mit Inschriften reich bedeckt. Zu Vambérys Zeit fanden zu diesem Gräberraum noch um-

Digitized by Google

fangreiche Wallfahrten statt, und das ständig bewachte Kellergewölbe diente noch als eine Art Reliquiarium. Insbesondere sollen hier lange Zeit hindurch zahlreiche Werke religiösen- und profanen Inhalts aufgehoben gewesen sein, die Timur nach der Plünderung von Brussa in Kleinasien nach Samarkand verschleppt hatte.

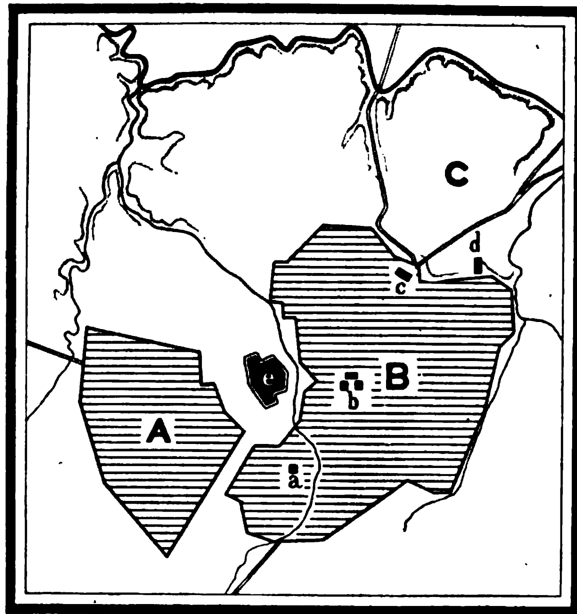
Beim Heraustreten aus dem denkwürdigen Raume überblicken wir noch einmal das imposante Gebäude von Gur-Emir, das leider bereits deutlich die Zeichen des nahenden, kaum aufzuhaltenden Verfalles an sich trägt. Noch vor wenigen Jahrzehnten war die große Kuppel von zwei kleineren flankiert. Heute sind die beiden Gewölbe längst eingestürzt; die große Kuppel ist bei einem Erdbeben geborsten und von den beiden Minarets ist das letzte im Jahre 1904 zusammengestürzt.

Das Mausoleum Timurs liegt in der Nähe der südwestlichen Ecke der Eingeborenenstadt, die sich ringförmig, östlich und südlich, um die Zitadelle gruppiert. Diese Zitadelle, die nach der Einnahme durch die Russen völlig umgebaut worden ist, birgt noch heute eine interessante Altertümlichkeit. Hier befindet sich nämlich der berühmte Kok-Tasch (soviel wie grüner oder grauer Stein), ein Marmorblock, der mit Arabesken in Flachrelief bedeckt ist. An dieser Stelle stand einst der Thronsaal des allmächtigen Timur, und alle späteren Beherrscher des Landes haben auf diesem Stein beim Regierungsantritt Platz genommen, wobei stets ein vornehmer Gefangener — und an solchen fehlte es in Samarkand nie — als Fußschemel dienen mußte. Von dem Palaste, der sich einst an dieser Stelle erhob, ist nichts mehr erhalten, ebensowenig wie von den einstigen Sommerresidenzen des Herrschers, die, wahrscheinlich aus leichterem Material als die religiösen Bauten Samarkands erbaut, sich auch weniger gut in dieser Gegend erhalten konnten, wo ständige Unruhen, Erdbeben und die Wechsel der Witterung den Einfluß der Zeit noch verstärkten. Wird doch von Biographen Timurs berichtet, daß einzelne dieser Bauten innerhalb weniger Wochen fertiggestellt werden mußten!

An der Zitadelle vorbei gelangt man über einen kleinen Bach, der nördlich von Samarkand in einen Nebenarm des Serafschan mündet, in die Hauptstraße des alten Samarkand, an der sich links und rechts Verkaufsstände, Teestuben usw. erheben. Wie aus der Skizze, die die Lage von Samarkand veranschaulicht, ersichtlich ist, ist das russische Viertel von der Eingeborenenstadt streng geschieden. Kaum einige hundert Schritte voneinander entfernt stehen hier zwei Welten nebeneinander, deren Gegensatz man sich kaum schärfer ausmalen kann: drüben die russische Stadt mit ihren geraden breiten Straßen, ihren zahlreichen Gärten und weiß getünchten Häusern, und hier jenseits der

Digitized by Google

Zitadelle ein Leben und ein Treiben, daß dem Besucher auch nicht für einen Augenblick das Bewußtsein nimmt, daß er sich im Orient befindet. Der weiche Lößboden der ungepflasterten Straße ist durch die Karawanentiere, durch Kamele, Esel und Pferde, zu einer breiigen Masse zerstampft, durch die unser Wagen in ziemlich raschem Tempo seinen Weg nimmt, ohne Rücksicht auf die Insassen, deren Kleidung bald von oben bis unten den Farbencharakter der Umgebung annimmt. Nötigt uns eine Kamelkarawane oder eine Schar heulender Derwische für kurze



Übersichtsplan von Samarkand.

A. Russische Stadt. B. Eingeborenenstadt. C. Reste älterer Ansiedelungen (Afrosiab). a. Mausoleum Timurs. b. Registan. c. Medresse und Moschee Bibi-Chanim. d. Mausoleum Schach-Sindah. e. Zitadelle.

Zeit eine langsamere Fahrtgeschwindigkeit einzuschlagen, werden uns von den links und rechts daneben liegenden Basarständen die unglaublichsten Dinge angeboten. Ein listig aussehender alter Sarte, dem man auf zehn Schritte am Gesicht ablesen kann, daß er wohl noch nie in seinem Leben mit irgend jemand einen ehrbaren Handel abgeschlossen hat, bietet uns bunte Stickereien auf schwarzem Sammet, ein anderer seidene Chalate (Überröcke für Männer und Frauen) an, und da er sich nicht mit uns verständigen kann, blickt er ganz verliebt bald uns, bald sein Verkaufsobjekt an und schnalzt voll Begeisterung mit der Zunge. Ein Dritter hat silberne Ohrringe und Gehänge, ein vierter mit Türkisen inkrustierte Schnallen und

Digitized by Google

Gürtel zum Verkauf. Von links wird uns der überall haufenweise aufgestapelte, mit Sesamöl vermischte grüne Kautabak, von der rechten Sonnenblumenkerne, Mandeln und Pistazien angeboten, und nur von der Wasserpfeife werden wir verschont, mit der ein Mann über die Straßen des Basars wandelt und aus der jeder Vorübergehende nach Hinterlegung eines kleinen Geldstücks einen kräftigen Zug tun kann. Unter einem nicht



Sartentypen aus der Gegend von Samarkand.

endenwollenden Geschrei der Verkäufer, das durch unser Schweigen nur noch gesteigert wird, passieren wir den interessanten Topfmarkt, und stehen plötzlich vor drei gewaltigen Gebäuden, die zwar Epigonen der eigentlichen Timur-Epoche, aber nicht minder bemerkenswert sind als die Prachtbauten aus der Zeit dieses Herrschers.

Einst stellten diese drei Gebäude, die wie Giganten über den Wohnhäusern der jetzigen Eingeborenenstadt thronen und drei Seiten eines

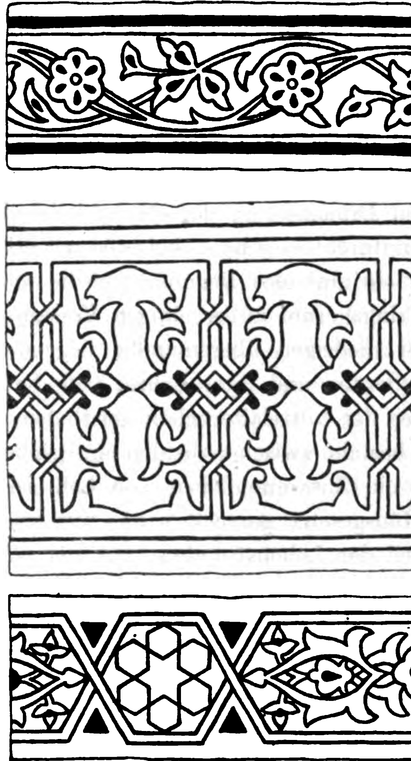
Digitized by Google

ziemlich engen Platzes einnehmen, weltberühmte Hochschulen mohammedanischer Wissenschaft dar, und auch heute noch nimmt in der Geschichte orientalischer Baudenkmäler diese Gruppe von Medressen am Samarkander Registan einen hervorragenden Platz ein. Die Front dieser drei von gut erhaltenen schornsteinartigen Minarets flankierten Medressen stellt bezüglich ihrer äußeren Ausschmückung wohl das Merkwürdigste dar, was in Zentralasien an farbiger Mosaikarbeit geleistet worden ist. Es sind fast ohne Ausnahme Parkett- und Mäandermuster, die in bunter Farbenzusammenstellung die Seitenwände und die blinden Nischen des Hauptbogens, des sogenannten Pischtak, zieren. Aber auch hier kommt ein und dieselbe Linienführung oder Farbenzusammenstellung kaum noch an irgendeiner anderen Stelle vor, und selbst an den Seitenwänden der Medressen, die der Straße zugekehrt und nach zentralasiatischem Brauch schmucklos gehalten sind, ist durch geschickte Anordnung von quer und hoch angebrachten, rohen und einfarbig glasierten Ziegeln eine schöne dekorative Wirkung erzielt. Zu den Mosaikarbeiten der Samarkander Bauten sind insbesondere dunkel- und türkisblaue, hellgrüne, weiße und braune Steine verwendet worden, und zwar besteht das Material teils aus gebrannten und farbig glasierten Ziegeln, teils aus Fayencestücken verschiedener Form und Größe. Die zahlreich vorkommenden Koraninschriften sind durch erhabene weiße Schriftzeichen auf blauem Grunde wiedergegeben und erhöhen wesentlich den malerischen Anblick dieser Reste einer ehemaligen Blütezeit des Landes. Trotz der äußeren Unversehrtheit einzelner Teile dieser Hochschulen kann der Beschauer heute nicht einen Augenblick im Zweifel sein, daß er in diesen Gebäuden kaum mehr vor sich hat als drei leidlich erhaltene Ruinen. Man kann sich aber recht wohl vorstellen, daß ehemals, als diese gewaltigen, märchenhaft ausgestatteten Porzellanbauten sich aus einem Kranz von Gärten und Palästen gegen den sonnigen Himmel erhoben, Samarkand recht wohl den Beinamen eines Brennpunktes der Welt und eines Paradieses der Erde verdiente, unter welcher Bezeichnung es in arabischen und persischen Gedichten und Sprichwörtern genannt wird.

Die am besten erhaltene Registanmedresse ist die Hochschule Schir-Dar, das heißt die Löwentragende, so genannt nach den beiden Löwen oder Luchsen, die über der Eingangsnische in musivischer Arbeit angebracht sind und deren Umrisse sich heute kaum noch erkennen lassen. Da hinter ihnen je eine goldene Sonnenfigur angebracht ist, so kann kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß es Darstellungen des persischen Wappens sein sollen und daß sie hier von persischen Künstlern, die zweifellos sämtliche Samarkander Bauten errichtet haben, angebracht worden sind. Man kann dies schon daraus schließen, weil den sunni-

Digitized by Google

tischen Mohammedanern, zu denen die Zentralasiaten gehören, die Darstellung von Tieren und Pflanzen, von denen sich besonders letztere in der Ornamentik aller Samarkander Moscheen nachweisen lassen, untersagt war, während die schiitischen Perser ein solches Verbot nie anerkannt haben. Es ist zweifellos, daß Timur bei seinen grausamen Eroberungszügen, durch die er besonders Persien und Kleinasien heimsuchte, aus



Ziegelmuster von Samarkander Moscheen.
(Nach F. v. Schwarz.)

den eingenommenen Städten alle Handwerker und Künstler nach Samarkand schleppte und hier ihre Kenntnisse und Talente in der rücksichtslosesten Weise ausbeutete. Schon bei Besprechung seines Mausoleums hätten wir vielleicht erwähnen können, daß dort eine Inschrift über dem Haupteingange: „Dies ist das Werk des armen (Sklaven?) Abdullah, des Sohnes Mahmuds aus Ispahan" die Stellung und Herkunft des Baumeisters unzweideutig verrät, und ähnliche Vermerke findet man noch auf anderen Samarkander Bauten. In dieser Beziehung ist auch der Be-

Digitized by Google

richt Schiltbergers von Interesse, der in seinen Aufzeichnungen über den drei- oder vierjährigen Aufenthalt in der Tamerlanschen Hauptstadt berichtet, daß nach dem Tode des Emirs dessen Geist ein ganzes Jahr hindurch in dem Grabgewölbe bei Nacht geheult habe, und daß alle Almosen dem Verstorbenen die Ruhe nicht wieder verschaffen konnten. Erst als die Priester seinen Sohn und Nachfolger Schach-Ruch aufforderten, den gefangenen Handwerkern ihre Freiheit wiederzugeben und als dieser Bitte stattgegeben wurde, soll der Geist Timurs seine Ruhe gefunden haben. „Dann“ — heißt es zur Erklärung weiter — „was er handwerker volk vieng, die pracht er all in sin hoptstat, die musten dorinn all arbeiten.“

Die Schir-Dar-Medresse kann als Typus aller mohammedanischen Hochschulbauten in Turkestan gelten. Durch ein kleines Seitenportal — trotz der gewaltigen Dimensionen des Pischtak ist dieser nie durch ein größeres Eingangstor durchbrochen — betreten wir einen viereckigen Hof, in dessen Mitte sich ein einfacher Brunnen für die religiösen Waschungen befindet, während ringsherum außer einigen Versammlungs- und Gebethallen sich in zwei niedrigen übereinander liegenden Stockwerken die Wohnungen der Studenten und ihrer Lehrer befinden. Man glaubt sich hier in den Hof eines der mittelalterlichen geistlichen Alumnate versetzt, und auch innerlich besteht zwischen beiden eine große Ähnlichkeit. Hier wie dort finden wir ein Zusammenleben von Lehrern und Schülern, das durch bestimmte Hausgesetze geregelt wird, hier wie dort den Verzicht auf einen großen Teil der Lebensfreuden, nur der Wissenschaft zuliebe. Wenn es auch zunächst für einen Abendländer schwer verständlich ist, wie man dem Studium des Koran, wie das sehr häufig vorkommen soll, mehrere Jahrzehnte obliegen kann, so darf doch nicht vergessen werden, daß dieses merkwürdige Buch nicht nur ein religiöses Werk darstellt, sondern auch vielfach über recht weltliche Dinge, Naturwissenschaften, Medizin und Rechtspflege, ja sogar auch über Politik handelt, und so mancherlei enthält, das entsprechend zurechtgestutzt und interpretiert schon ein Vorlesungsthema ergeben dürfte. Da jedoch bekanntlich nach der Ansicht der Mohammedaner alles, was nicht im Koran steht bzw. sich aus ihm nicht heraustüfteln läßt, zwecklos und sogar schädlich ist, so kann es trotz dieser großartigen Hochschulgründungen nicht wundernehmen, wenn diese Institute und mit ihnen das ganze Leben ringsum in dem Gedankenkreise der Welt und der Weltanschauungen verharrten, in dem ihr Religionsstifter lebte. Hier inmitten der großen transkaspischen Wüsten mögen sich diese konservativen Anschauungen seit der arabischen Herrschaft besonders unverfälscht erhalten haben, und wenn wir in Reiseberichten lesen, daß man nur nach Samarkand oder Buchara

Digitized by Google

zu gehen brauche, um sich in das Leben und Treiben einer orientalischen Großstadt vor etwa einem Jahrtausend, in die Zeit und Umgebung der Märchen von Tausendundeiner Nacht zurückzuversetzen, so ist eine solche Behauptung durchaus nicht übertrieben.

Wir verfehlten nicht, einem dieser Studenten, die auf der Galerie des ersten Stockwerkes nach des Tages Mühe und Arbeit nachmittags ihre Siesta abhielten, einen Besuch abzustatten. Das Kämmerchen, das wir betraten, war nur durch eine schmale Fensterluke spärlich erleuchtet; es war einfach, aber für turkestanische Verhältnisse merkwürdig sauber ausgestattet und, abgesehen von der mangelhaften Beleuchtung, zum ruhigen Studium wie geschaffen. Der Fußboden und die Wände waren mit Teppichen bekleidet und in mehreren Wandnischen die Bibliothek untergebracht, die außer dem Koran noch eine Reihe von Erklärern dieses Buches und die Ausgaben einiger arabischer und persischer Dichter enthielt. Von europäischen Gebrauchsgegenständen zierte dieses gemütliche Stübchen nur eine riesige blankgeputzte Teemaschine, der russische Samowar, den die Eingeborenen von dem Kulturbesitz der letzten Landeseroberer in erster Linie übernommen haben, und der heute in der ärmlichsten Sartenwohnung Zentralasiens, ja selbst in der einsamen Jurte draußen in der Kirgisensteppe nicht fehlen darf. Die Mitte des Gelehrtenstübchens nahm eine Vertiefung ein, über der sich ein mit Teppichen bedecktes Eisengerüst wölbte. Diese Stelle wurde uns als Kamin gedeutet, der bei starker Kälte — das Thermometer fällt hier im Winter zuweilen bis auf — 20° C — in der Weise in Betrieb gesetzt wird, daß man in die Vertiefung glühende Holzkohle, die auch gleichzeitig das Heizmaterial für den Samowar bildet, schüttet, darüber das kuppelförmige Eisengestell aufbaut und dieses dann zum Teil mit Teppichen bedeckt. Um die Wohltat eines solchen primitiven Ofens genießen zu können, ist es allerdings notwendig, daß der Hausbewohner direkt auf diesem Gerüst seinen Platz einnimmt, was in der üblichen Weise mit untergeschlagenen Beinen geschieht.

Die Bet- oder richtiger Versammlungssäle der Medressen sind im allgemeinen äußerst primitive Räume; sie sind nach Möglichkeit so gebaut, daß die Wand gegenüber dem Haupteingang, der Kibleh, senkrecht zur Richtung nach Mekka steht, also ungefähr von Osten nach Westen verläuft. Welche Bedeutung die Mohammedaner dem Umstande beilegen, daß sie bei ihren Gebeten stets genau in der Richtung der Kaaba ihre Gebete verrichten, ersieht man aus einer Bemerkung von Schwarz, der auf seinen Vermessungsreisen in Zentralasien wiederholt gebeten wurde, an verschiedenen Orten die erwähnte Richtung nach Mekka mit astronomischer Genauigkeit zu bestimmen. Die Kanzel für den Vorbeter

Digitized by Google

(Imam) in diesen Versammlungsräumen besteht nur aus einigen Stufen, die an der flachen Wand endigen. Verzierungen, Nischen, Stalaktitgewölbe usw. findet man in der Regel nur am Kibleh angebracht, der auch sonst kaum irgendwo eine leere Stelle aufweist, da jedes freie Plätzchen für Koraninschriften aller Art ausgenutzt ist. Die Medressenlehrer zeichnen sich schon äußerlich durch ihre reinliche Kleidung und durch den sorgfältig gesteckten weißen Turban aus, wobei im allgemeinen der Grundsatz befolgt zu sein scheint, daß der Umfang der Kopfbedeckung proportional der Würde seines Trägers wächst. Je größer die



Auf dem Dache der Medresse Schir-Dar.

Weisheit und Gelehrsamkeit, desto umfangreicher der Turban oder die Tschalma, und der Fremde braucht in der Regel nur nach der Kopfbedeckung eines Medresseninsassen zu schauen, um ungefähr zu erkennen, mit wem er es zu tun hat.

Noch heute bieten die Samarkander Medressen mehreren hundert Lernbeflissenen Herberge und Heimat, und wenn auch der alte Ruf der alten Timuridenhauptstadt, die tüchtigsten islamitischen Mullahs und Imams auszubilden, längst auf Buchara, das Rom Zentralasiens, übergegangen ist, so stehen diese Schulen in der mohammedanischen Welt immerhin noch in hohem Ansehen. Sie werden von sogenannten Wa-

Digitized by Google

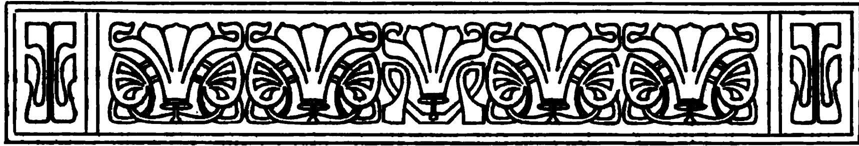
kufs, dem Ertrage geistlicher Stiftungen, unterhalten, die wiederum in Ländereien, in Obstpflanzungen, Mühlen usw. bestehen. Diese Wakufs werden seit einiger Zeit von der russischen Regierung verwaltet, wofür diese für die bauliche Instandhaltung der Medressen zu sorgen hat. Die Erträge sollen ganz ansehnlich sein, sie sind jedoch gegenüber den Unterhaltungskosten abendländischer Schulen immerhin noch recht bescheiden.

Beim Besuche der Schir-Dar-Medresse ließen wir es uns nicht nehmen, auch die Plattform hinter dem Pischtak zu besteigen, zumal die Luft sehr klar war, und man auf eine schöne Fernsicht rechnen konnte. Der Blick, den wir an diesem Spätnachmittag von der Terrasse dieser Medresse genossen haben, wird mir stets unvergeßlich bleiben. Unten am Fuße des Riesengebäudes, und auf den Straßen des Bazars, die sich unter einer mächtigen flachen Kuppel nordöstlich von Registan kreuzen, sah man ein Leben und Treiben wie in einem Ameisenhaufen. Weiter zurück in der Ferne präsentieren sich die grandiosen Ruinen der Moschee und Medresse Bibi-Chanim, und am Nordosthorizont streiften die Sonnenstrahlen das weite Trümmerfeld von Afrosiab, die Stätte des alten Maracanda, wo vor mehr als zweitausend Jahren inmitten der Samarkander Oase für kurze Zeit hellenischer Geist seinen Einzug hielt. Im Süden der lange Zug des turkestanischen Gebirges mit seinen schneebedeckten, in der Abendsonne erglühenden Gipfeln, im Westen die zahlreichen Baumanlagen und Alleen der russischen Stadt, davor der blaue Dom von Gur-Emir: das alles bot ein Bild, das man stundenlang hätte genießen mögen und das dem Beschauer zum Verständnis brachte, weshalb der Orient auf alle Abendländer eine so intensive Anziehungskraft ausübt, trotz seiner kulturellen Rückständigkeit, die sich leider auch da nicht leugnen läßt, wo schimmernde Tempel und Paläste unsere Sinne für einen Augenblick gefangennehmen.

(Schluß folgt.)



Digitized by Google



Die Veränderung der Erdoberfläche durch die heutige Tierwelt und den Menschen[1]).

Von Dr. **P. Dahms** in Danzig.

Die Kräfte, welche das Gesteinsmaterial und die Oberflächenverhältnisse der Erde hervorgehen ließen und auch heute noch gestaltend wirken, sind vorzugsweise im Vulkanismus, in der mechanischen und chemischen Tätigkeit von Wasser und Luft, sowie in der des organischen Lebens zu suchen. Bei der großen Länge der verfließenden Zeiten können sie alle eine große Wirksamkeit entfalten. Die vierte der gestaltenden Einzelwirkungen macht sich in beständiger, aber stiller Arbeit — meist in engem Zusammenhang mit dem Wasser — auf dem ganzen Erdenrund geltend. Ihr ist vorzugsweise die augenblickliche Beschaffenheit der Erdoberfläche zuzuschreiben.

Der Zusammenhang zwischen einer Gesteinsart und den auf ihr gedeihenden Pflanzen ist bekannt, ebenso die Tatsache, daß gewisse Schmetterlinge ihre Eier nur auf Individuen derselben Pflanzenart oder Pflanzenfamilie abzusetzen pflegen. Deshalb gelingt es verhältnismäßig leicht, und das „Buch der Schmetterlinge“ von K. G. Lutz[2]) ist z. B. auf dieser Grundlage angelegt, von bekannten Pflanzen ausgehend, die Jugendzustände der auf ihnen lebenden Schmetterlinge in einfacher Weise zu bestimmen. Andererseits hat man dadurch, daß Eier und Raupen einer Schmetterlingsart sich auf Pflanzen derselben Familie antreffen lassen, bereits vereinzelt die Zugehörigkeit von Pflanzen zu der einen oder anderen Familie zu ermitteln vermocht. Ähnliche Verhältnisse zeigen sich auch zwischen anderen Insekten und ihren Futterpflanzen.

Diese Beziehungen zwischen Boden und Pflanze einerseits und Pflanze und Tier andererseits lassen sich noch in überraschenderer Art nachweisen. Wo bestimmte Bestandteile der Ackerkrume fehlen, macht

[1]) Nach einem Vortrage, gehalten in der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, am 4. Dezember 1907.

[2]) Stuttgart. Süddeutsches Verlags-Institut. 80 farbige Tafeln mit mehr als 800 Abb. und sehr vielen Textillustrationen.

Digitized by Google

sich das bei dem Weidevieh in eigener Weise bemerkbar. In gewissen Gegenden des südlichen Schwedens[1]) tritt bei ihm eine Krankheit auf, die mit dem Vorkommen gewisser Gesteine des Untergrundes genau übereinstimmt. Es zeigte sich vielfach eine Sprödigkeit bei den Knochen der Tiere, und da die betreffenden Gesteine Kalknatronfeldspat enthielten, konnten die pathologischen Erscheinungen nur durch den ungenügenden Gehalt des Bodens an Phosphorsäure veranlaßt sein. — Das Gebiet wird vorzugsweise von Labradorgesteinen gebildet und teils von Diabas-, teils von Noritgängen durchsetzt. Im Gegensatz zu dem weißlichen, kahlen Gestein, das der Gegend den Gesamtcharakter gibt, tragen diese eine verhältnismäßig reiche Vegetation. Ihre Mineralien sind ungefähr dieselben wie in den Labradorgesteinen, aber ihr Mengenverhältnis ist ein anderes. In den Labradorgesteinen sind 75 bis 100 % Feldspat enthalten, in den anderen dagegen nur ungefähr 60 %; die ersteren enthalten fast keine Phosphorsäure (0,002 %), und nur dort, wo sie an Hypersthen und Biotit reicher sind und sich also in gewisser Hinsicht ihrer Zusammensetzung nach den Noriten nähern, besitzen sie einen etwas größeren Gehalt an Phosphorsäure. Bereits das spärliche Vorkommen von Apatitnadeln in diesen Mineralien genügt, um die Sprödigkeit in den Knochen nicht auftreten zu lassen. Die durchsetzenden Norite und Diabase enthalten schließlich einen recht bedeutenden Gehalt an dieser Säure, nämlich etwa 2 %. Es gelang Kolderup, den Zusammenhang zwischen den geologischen Tatsachen und der Knochenbrüchigkeit des Viehs nachzuweisen. — Überall, wo der reine Labradorfels den Boden bildet, tritt diese Krankheit hervor, dagegen fehlt sie dort, wo dieses Gestein sich in seiner Zusammensetzung den Noriten nähert, oder wo die phosphorsäurereichen Gesteine vorhanden sind. Hier sind auch mit Vorliebe die Gehöfte aufgebaut. — Bemerkenswert ist ferner, daß die Krankheitserscheinungen sich auch bis auf die Menschen erstrecken; die Bewohner dieser Orte klagen vielfach über „schlechte Füße“.

Zwischen der belebten und unbelebten Natur besteht eine Reihe von Wechselbeziehungen, die sich besonders bei der Entstehung und dem Vergehen von Phosphorit und Schwefelkies beobachten lassen, hier aber nicht ausführlicher behandelt werden sollen[2]). Aus ihnen geht hervor, daß der Boden mit der auf ihm gedeihenden Tier- und Pflanzenwelt eng zusammengehört und ein Ganzes bildet. Das Dahinsterben von Tier- und Pflanzenarten stört immer das bestehende Gleichgewicht,

[1]) Kolderup, Carl Fred.: Fosforsyregehalten i Ekersunds-Soggendalsfeltets bergarter etc. Bergens Museums Aarbog. 1897, No. IX.

[2]) Dahms, P.: Wechselbeziehungen zwischen der belebten und unbelebten Natur. „Die Natur“, 48. Jahrg., No. 26, 25. Juni 1899, S. 303—305.

Digitized by Google

und das Gesamtbild ändert sich dadurch ab. Ich habe deshalb zum Schlusse auch kurz berücksichtigt, inwiefern der Herr der Schöpfung durch seine Kulturbestrebungen die bestehenden Verhältnisse, soweit sie das Tier- und das Pflanzenreich betreffen, dauernd verändert. Auch hierin spielen sich ja in weiterem Sinne geologische Neubildungen ab.

Erst die großen und mit reichen Mitteln ausgestatteten Tiefsee-expeditionen, vor allem die berühmten Fahrten des Challenger, die aus gewaltigen Tiefen Material in ungeheurer Fülle emporbrachten, gewährten einen Einblick in das Leben und die Prozesse der Gesteinsbildung, wie sie sich in größeren Meerestiefen abspielen. Unter den Gruppen der niederen Tiere sind es nur wenige Abteilungen, deren Individuen in den meisten Fällen erst das bewaffnete Auge zu unterscheiden vermag und die als Schichtenbildner aufzutreten vermögen. Notwendig ist hierzu die Fähigkeit des betreffenden Geschöpfes, Hartgebilde abzuscheiden. Diese bleiben nach dem Tode und dem Verwesen der organischen Substanz als dauernde Reste zurück, häufen sich allmählich an und bilden so im Laufe der Jahrtausende ausgedehnte Schichtenkomplexe. Alle diejenigen Tiere, welche nur aus weichen Gebilden sich aufbauen, sind von einer Mitwirkung ausgeschlossen, wie die Quallen, zahlreiche Würmer und andere.

Wie die Erforschungen der Tiefsee zeigten, werden unterhalb einer bestimmten Tiefe von etwa 4000 m die kalkigen Ablagerungen sehr spärlich und verschwinden tiefer nach unten gänzlich. Man vermutet, daß das Wasser in größeren Tiefen infolge des gewaltigen Druckes oder eines höheren Gehaltes an Kohlendioxyd dem kohlensauren Kalke gegenüber eine viel größere lösende Kraft hat als in den oberen Schichten. Die niedersinkenden kalkigen Hartgebilde von Tieren werden in diesen Tiefen daher gelöst und verschwinden.

Wie seit Jahrtausenden beteiligen sich auch heute noch die Kammerlinge oder Foraminiferen an der Schichtenbildung. Sie sind winzig klein, einzellig und scheiden ein Gehäuse aus Chitinsubstanz ab. In dieses lagern sie feine Sandkörnchen und andere Fremdkörper der verschiedensten Art ein, wie Kieselnadeln von Schwämmen, Bruchstücke von Korallen, oder sie imprägnieren es mit Kalksalzen und machen es dadurch in sich fester.

Diese winzigen Geschöpfe finden sich im Meere in den verschiedensten Tiefen, vom Strande bis hinein in die offene See. Mit Vorliebe scheinen sie ganz bestimmte Stellen zu ihrem Aufenthalte zu wählen. Sie halten sich vorzugsweise dort auf, wo reiche Vegetation vorhanden ist, die ihnen Schutz vor dem Andrängen der Wogen gewährt und den zarten Bewegungsorganen Gelegenheit zum Anheften bietet. Auf der

Digitized by Google

Hochsee und in den Fluten halten sie sich frei schwebend und treibend. Da sie in gewaltigen Mengen beieinander leben, rieseln ihre zarten Schalen nach dem Absterben unausgesetzt in die Tiefe und bilden hier mit dem feineren blauen, grünen und roten Schlamme der Tiefsee den Hauptbestandteil des Bodensatzes, der den Meeresgrund Tausende von Quadratmeilen weit überzieht. Deshalb spricht man z. B. auch kurzweg von „Globigerinengrund“ und „Globigerinenschlamm“, wo neben anderen Gattungen dieser Tiere Vertreter der Gattung Globigerina vorherrschen.

Zieht man ein feines Netz an der Oberfläche des nördlichen Atlantischen Ozeans hin, oder läßt es gar etwa 200 m tief einsinken, so fängt man viele von jenen lebenden Foraminiferen, deren Schalen später an der Schichtenbildung auf dem Meeresgrunde teilnehmen sollen. Von Irland bis Neufundland, d. h. mehr als 350 Meilen breit, und bis über die Azoren hinaus überzieht die Schlickdecke den Grund und enthält ungefähr 85 % von den kalkigen Resten. — In einem Globigerinenschlamm aus der Nähe der Insel Neu-Amsterdam im südlichen Indischen Ozean wies Gümbel bei möglichst genauer Abschätzung innerhalb eines Kubikzentimeters nach: 5000 große Foraminiferen, 200000 kleinere, 220000 Bruchstücke von ihnen, 7 Millionen sog. Coccolithen, 4800000 kleine Kalkstäbchen und Stabteile, 150000 Nädelchen von Kieselschwämmen, 100000 Radiolarien und Diatomeen und 240000 Mineralkörnchen. Den Rest bildeten Tonflocken, körnige Klümpchen und Häutchen.

Wo Korallenriffe das Festland umsäumen, wirft die Woge einen Sand an das Ufer, der fast vollkommen aus den zierlichen Schälchen dieser Tiere zusammengesetzt ist. Solche Reste können dann Bänke bilden, welche die Schiffe in ihrem Laufe hemmen, Meerengen verstopfen und Häfen „versanden“ lassen. An der Verlängerung der Kreidezeit bis in die Gegenwart hinein haben sie den Hauptanteil. Sie trugen zur Bildung der Erdrinde auch mehr bei als alle übrigen Tiere und Pflanzen zusammen.

In noch reicherem Maße als die Foraminiferen-Schalen sind an dem Aufbau der Kreide die Coccolithen beteiligt. Beim Schlämmen des Rügener Gesteins finden wir unter 1000facher Vergrößerung in der feinsten Trübe Scheibchen von runder oder ovaler Form, von denen eine Milliarde etwa 1 g wiegen mag. Diese Coccolithen trifft man in den verschiedenartigsten Kalksteinen an, und heute — wie vor unzähligen Jahrtausenden — arbeiten sie an der Schichtenbildung auf dem Grunde des Weltenmeeres. Trotz ihrer Kleinheit zeigen sie eine auffallende Mannigfaltigkeit in der Form.

Digitized by Google

Ehrenberg beschrieb einige ihrer Vertreter bereits 1836 aus verschiedenen Kreidegesteinen, wollte sie aber nicht als Reste von Organismen ansehen. Nach ihm hielt man sie zeitweilig für Skelett-Elemente des märchenhaften Bathybius, für selbständige Organismen oder als abgetrennte Stücke größerer Gebilde, bald für pflanzlicher, bald für tierischer Natur.

Mit Beginn dieses Jahrhunderts gelang es H. Lohmann[1]), Prof. in Kiel, während eines längeren Winteraufenthaltes an der Ostküste Siziliens eine große Menge einzelliger, coccolithentragender Wesen im Plankton, der freischwimmenden Lebewelt des Ozeans, nachzuweisen. Diese sog. „Coccolithophoriden", sind geißeltragende Zellen, die von einer Membran umschlossen werden. Im farblosen Plasma haben sie einen großen, rundlichen Kern und zwei schalenförmige, wandständige Chromatophoren (Farbkörperchen) von grünlich-gelber Farbe. In deren Nähe befindet sich je ein stark lichtbrechendes Tröpfchen, das wohl von einem fetten Öle gebildet wird.

Wegen der Chromatophoren sind die Coccolithophoriden als Pflänzchen aufzufassen und als eine rein marine Familie der zu den Flagellaten gehörigen Unterordnung der Chrysomonadinen zu betrachten. Von allen übrigen Gruppen dieser Unterordnung unterscheidet sie ihre Schale, eine zähe und elastische Haut, der die Coccolithscheiben aufgelagert sind. Auf Grund der Gestalt der Coccolithen selbst lassen sich acht scharf geschiedene Gattungen aufstellen. Von Zeit zu Zeit werfen viele dieser Formen ihre Schalen ab und umgeben sich mit einer neuen. Ihr Lichtbedürfnis verweist diese kleinen Pflänzchen in die obersten Meeresschichten. Am zahlreichsten sind sie etwa in 50 m Tiefe; unterhalb von 630 m werden sie nicht mehr angetroffen.

Zu wesentlich anderen Ergebnissen kam A. Voeltzkow, der viele Riffkalke auf den Aldabra-Inseln bei Madagaskar und an der afrikanischen Ostküste der Hauptsache nach aus Coccolithen aufgebaut fand. Nach ihm ist die Heimat dieser Gebilde auf dem Boden des Meeres zu suchen, und nicht die Coccosphaera, sondern der Coccolith selbst ist das Einzelwesen, und zwar ein tierischer Organismus. Auch in anderen wesentlichen Punkten stehen sich die Ergebnisse beider Forscher schroff gegenüber. Während aber Lohmann den frischen Fang sofort mikroskopisch untersuchte, mußte Voeltzkow sich mit Proben von Tiefseeschlamm begnügen, den vor Jahrzehnten die englische Challengerexpedition mitgebracht hatte. Diese Proben waren in Spiritus konser-

[1]) Lohmann, H.: Die Coccolithophoriden, eine Monographie der coccolithenbildenden Flagellaten, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis des Mittelmeerauftriebes. Archiv für Protistenkunde. Bd. 1, Heft 1; 1902. S. 89—165.

Digitized by Google

viert oder gar ausgetrocknet, teilweise stellen sie sogar noch stärker zerstörte Reste dar, die aus dem Darme von Tiefsee-Echinodermen stammten.

F. Solger[1]) hat die gemachten Beobachtungen an Tiefseeschlamm der Challengerexpedition wiederholt und ist zu demselben Ergebnis gekommen wie Lohmann, daß nämlich die Coccolithen und die ihnen nahestehenden Rhabdolithen Panzerplatten einzelliger Pflänzchen aus der Verwandtschaft der Chrysomonadinen sind, die auf den oberen Wasserschichten des Meeres leben. Dabei ist anzunehmen, daß sie sich rascher als andere Vertreter des Planktons vermehren, dann aber auch rascher eine Beute von Tieren werden. Die Coccolithen sinken weniger als einzeln abgestorbene Schalen zu Boden, als vielmehr in den Exkrementen der Tierwelt des Planktons. Der Schleim dieser Geschöpfe ballt sie zu rasch hinabsinkenden Klumpen zusammen und schützt sie dabei gleichzeitig vor der Auflösung.

Die einzelligen Strahlinge oder Radiolarien scheiden in der äußeren Hülle ihres Protoplasmaleibes ein zartes Kieselskelett ab, das etwa die Form eines mittelalterlichen sog. Morgensternes hat. Sie verteilen sich in drei verschiedenen Regionen, die im Meere von oben nach unten aufeinander folgen. Dem Atlantischen Ozean fehlen sie fast gänzlich, desto häufiger sind sie im Indischen und Pazifischen, dessen Boden sie auf gewaltige Flächen hin bedecken. Immer in ziemlicher Entfernung von der Küste leben eigenartige Formen, die meist in größeren Mengen auftreten. Diese gehören der pelagischen oder Oberflächen-Region an. — Zwar fehlen die Kieselskelette in keiner Meeresablagerung völlig; in denen der Tiefsee zeigen sie sich aber in überreicher Menge. Auf dem Boden des Stillen Ozeans enthalten die Ablagerungen zwischen 3000 bis 4000 und 8000 m Tiefe etwa 80 %, ja an gewissen Stellen sogar 100 % von ihnen. Durch die bedeutende lösende Kraft des Wassers in diesen Tiefen sind die sonst überwiegenden Kalkschalen herausgelöst und die aus Kieselsäure bestehenden Radiolarienschalen dadurch angereichert. Diese Ablagerungen führen nach Murray den Namen „Radiolarienschlick". —

Durch sich zersetzende Organismen werden die vielen festen Verbindungen von Eisenoxyd in der Natur reduziert. Dabei entstehen Verbindungen von Eisenoxydul, die mit Kohlendioxyd (der sog. Kohlensäure), das besonders bei der Zersetzung von Organismen entsteht, und den organischen Säuren im Boden leicht in Lösung geht. Schneller wird freilich Kalciumkarbonat (kohlensaurer Kalk) gelöst und erst nach ihm

[1]) Solger, F.: Woher stammen die Coccolithen des Tiefseeschlammes? Naturw. Wochenschrift. N. F. Bd. 2, No. 45, d. 9. Aug. 1903, S. 529—533.

Digitized by Google

das Eisenkarbonat. Nächst Kalk- und Silicium-(Kieselsäure-)Verbindungen sind also im wesentlichen Eisenverbindungen in den natürlichen kohlendioxydhaltigen Süßwässern gelöst. Wie die ersten beiden Gruppen von Verbindungen, können auch sie durch tierische und pflanzliche Tätigkeit wieder niedergeschlagen werden. Dabei entstehen nicht selten Eisenerzlager, wie in den anderen Fällen solche von Kalkverbindungen und Kieselerde. Daß Eisenkarbonat in vielen natürlichen Gewässern in gelöster Form vorhanden ist, beweisen die kostspieligen Einrichtungen an vielen Orten, die das Wasser von dieser Verbindung befreien, d. h. die „Enteisenung" besorgen sollen. Auch im Kesselstein ist neben dem Kalciumkarbonat stets Eisenkarbonat vorhanden. — Wenn der Boden ein vorgeschrittenes Auslaugungsstadium zeigt und daher wenig Kalk enthält, so ist er, wie in der Lüneburger Heide, besonders reich an Eisenerzen. Aus vorwiegend eisenhaltigen Wässern, wie sie hier z. B. ihren Ursprung nehmen, besorgt eine Reihe von Organismen die Ausscheidung der Eisenverbindungen in unlöslicher Form. Dabei sind Pilze (Bakterien), Algen und gewisse Tiere (Flagellaten) besonders tätig, doch beteiligen sich auch höhere Pflanzen an dieser Arbeit.

Unter den Tieren speichert eine Anzahl von Protozoen (Urtiere) das Eisen in der Form von Eisenoxydhydrat auf. Der Gehalt an Eisenoxyd scheint nach den Angaben von Bütschli für das Schalenzement verschiedener Sandrhizopoden überhaupt charakteristisch zu sein. Die Sandschalen gewisser Vertreter dieser Klasse enthalten so viel von dieser Verbindung, z. B. 8,9 %, daß sie eine rote bis braune Färbung angenommen haben. Unter den Geißelinfusorien (Flagellaten) sind Anthophysa vegetans und die Vertreter der Gattungen Trachelomonas und Chlamydoblepharis besonders hervorzuheben. Ihr mit Eisenoxyd durchtränkter Panzer besteht im übrigen aus Opal. — Quellen, die Eisenkarbonat gelöst enthalten, können an der Luft das Kohlendioxyd abgeben und ebenfalls Lager von Eisenverbindungen bilden (Quellerz), doch kommen in besonders großer Menge derartige Niederschläge durch die angedeutete Vermittlung von Organismen leicht zustande[1]).

Bei ihrer Häufigkeit sind diese Erze unter verschiedenen Namen bekannt. Man kann deshalb zwei Hauptabteilungen, die der Limonite und die der See-Eisenerze, aufstellen. Die erstere enthält den Limonit, Eisenoxydhydrat, in verschiedenen Formen und Ausbildungen; dahin gehören Klump, Modereisen, Morast- oder Schlammerz, Mooreisenerz und

[1]) Potonié, H.: Eisenerze, veranlaßt durch die Tätigkeit von Organismen. Mit 8 Fig. Naturw. Wochenschrift. N. F. Bd. 5, No. 11, 11. März 1906, S. 161 bis 168.

Digitized by Google

andere mehr. — Die See-Eisenerze bilden kugelige Konkretionen und entstehen in den Gewässern nur in gewisser Tiefe, nämlich dort, wo die Organismen, die die Eisenverbindungen niederschlagen, die besten Lebensbedingungen finden. Das Zentrum der Attraktion schufen dabei die Lebewesen; je nach der Form unterscheidet man hier zwischen Münz-, Pfennig-, Linsen-, Kugel-, Kletteneerz usw. Im Innern sind auch die See-Erze gern hohl oder von lockerer Beschaffenheit.

Besonders in Schweden werden die See-Erze verhüttet. Hier vermag man sie auch nach Ablauf einer Reihe von Jahren wieder an derselben Stelle hervorzuholen, die nach der letzten Ausbeute als erschöpft galt: Die Erze sind „nachgewachsen". Diese schnelle Neubildung ist leicht verständlich, wenn man weiß, wie lebhaft die niederen Tiere sich vermehren. Maupas[1]) beobachtete, daß eine Stylonichia pustulata bei genügender Nahrung und 25°—26° C 1 Mill. Nachkommen in vier Tagen, 1 Bill. in sechs Tagen und 100 Bill. in 7½ Tagen hervorbrachte. Angenommen, daß eine Million dieser winzigen Geschöpfe 1 g wiegt, würde eine einzige Stylonichie dann in sechs Tagen 1 kg Protoplasma und in 7½ Tagen 100 kg produzieren. — Fossile See-Eisenerze sind mehrfach bekannt und werden abgebaut, z. B. die jurassischen Eisenoolith-Ablagerungen des unteren Doggers in Deutsch- und Französisch-Lothringen, sowie in Luxemburg. Sie sind als Minette bekannt; die Bergleute verstehen unter diesem französischen Namen soviel wie „kleines Erz".

Auf dem Meeresboden sind die Mangankonkretionen wohl ebenso entstanden, wie das See-Erz. Auch hier gaben Organismen die Veranlassung zur Aufspeicherung und Ausfällung der entsprechenden Manganverbindungen.

Bauten die Foraminiferen aus ihren Schalen im Laufe der Zeit gewaltige Schichten auf, so erstreben Vertreter der Schwämme, ihnen entgegenzuwirken. Der Kalk an den Küsten des Mittel- und Adriatischen Meeres verleiht der Landschaft dort, wo er auftritt, ein eigentümliches Aussehen. An dem zerrissenen Gestade Dalmatiens bedecken, wo der nicht allzu jähe Abfall es gestattet, größere Gesteinsstücke und kleinere Brocken den Boden. Kaum einer von ihnen ist nicht zerstört oder nicht durchlöchert; oft hat die Veränderung des Bruchstückes soweit stattgefunden, daß man die lockeren Reste des früher festen Gesteins mit der Hand zerdrücken kann. Alle Höhlungen hängen untereinander zusammen, jedes Loch auf der Fläche des Gesteins entspricht einer Mundöffnung (osculum). Hier bahnte sich der Schwamm entweder einen Weg aus dem Kalke ins Freie; oder es siedelte sich hier zuerst die Larve

[1]) Maupas, E.: Sur la puissance de multiplication des Infusoires cilies. Comptes rendus. t. 104, 1887, S. 1006—1008.

Digitized by Google

an, bohrte sich eine Vertiefung und drang zerstörend nach allen Seiten hin vor. Die Außenschicht der Felsen, soweit das Wasser reicht, teils auch noch das lose Gestein enthalten in ihren Höhlungen einen gelblichen Schwamm, die weitverbreitete Vioa celata.

Von Bohrschwämmen werden auch viele, meist festsitzende Muscheln aufgesucht. Wie fossile Muschelschalen zeigen, ist das auch bereits früher der Fall gewesen. Solange die Muscheln leben, werden sie aber niemals derart zerfressen, daß ihr Leben gefährdet wird; die innerste Schalenschicht, die dem Mantel anliegt, ist immer unversehrt. Wahrscheinlich bietet die organische Grundlage der Schalen und Gehäuse der zerstörenden Kraft mehr Widerstand als das bloße, harte Gestein. — Diese Schwämme treten nur in Bildungen auf, die im wesentlichen aus Kalk bestehen, wie in Kalksteinen, leeren Molluskenschalen und abgestorbenen Korallen. Die zerstörende Wirkung kommt hier wahrscheinlich dadurch zustande, daß Kieselnadeln von Stecknadelform mit dem hervorragenden Kopfende schabend auf den harten Untergrund wirken, während eine Säure die abfallenden Teilchen löst und den Strömungen, die den Schwammkörper durchspülen, so zur bequemen Fortschaffung übergibt. Auf diese Weise gelangen z. B. im Gebiete des Adriatischen Meeres jährlich Tausende von Zentnern Kalk durch die lösende Kraft der Bohrschwämme in Bewegung. Aus dem mit Kalklösung angereicherten Meerwasser schöpfen wieder zahllose Schaltiere die Stoffe, die sie zur Herstellung ihrer Gehäuse notwendig brauchen, und bilden auf dem Meeresboden neue Schichten für spätere Jahrtausende.

Ein großer Teil des im Meereswasser gelösten Kalkes wird auch von den Korallentierchen aufgenommen und zum Baue von Riffbildungen verwendet. Zu ihrem guten Gedeihen ist eine mittlere Temperatur des Meerwassers von 20—25° C notwendig. In dem Gürtel zwischen dem nördlichen und südlichen 28. Parallelkreis ist die wahre Heimat, wenn nicht abkühlende Polarströme oder die erwärmenden Äquatorialströme die Grenzen verschieben. Dabei erstreckt sich ihr Lebensbereich auf das seichte Meer, und zwar bis zu einer Tiefe von 40 bis 60 m herab. Von der verschiedenen Form der Korallenbauten und ihrer Entstehungsweise ist soviel geschrieben und bekannt, daß eine nochmalige Behandlung dieses Kapitels füglich unterbleiben kann. Interessant dürfte dagegen das Resultat der Berechnungen sein, die Dana über das Wachstumsmaß der Madreporen angestellt hat. Falls man nämlich annimmt, daß die poröse Masse von jährlich 38 mm Dicke auf kompakte Substanz von nur etwa 10 mm zu reduzieren ist, daß ferner vom Wasser Trümmer dauernd abgebröckelt und fortgeführt werden, so ergeben sich für das mittlere Wachstum eines Riffes jährlich nur 3,5 mm. Danach hätte ein Riff,

Digitized by Google

dessen Dicke mit dem Senkblei zu ca. 666 m gemessen wäre, nicht weniger als 190000 Jahre zu seiner Entstehung gebraucht.

In seiner Arbeit über „Die Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer mit Betrachtung über deren Lebensweise"[1]) hat Charles Darwin die stille und segensreiche Arbeit der Regenwürmer ins rechte Licht zu stellen gewußt. In allen Ländern mit feuchtem Boden treten sie in großer Zahl auf. Für viele Orte Englands konnte nachgewiesen werden, daß jährlich von 1 ha Land ein Gewicht von mehr als 26000 kg (520 Ztr.) durch ihren Körper wandert. Es wird an die Oberfläche geschafft und geht wenige Jahre darauf wiederum durch sie hindurch. Die alten Wurmröhren zerfallen, und dadurch wird die Ackererde in langsame, aber beständige Bewegung versetzt. Dabei gelangen fortgesetzt die Oberflächen frischer Körnchen mit dem Kohlendioxyd des Bodens in Berührung, ebenso auch mit der Humussäure, die eine Zersetzung der Gesteinskörnchen noch mehr als das Kohlendioxyd zu befördern scheint. Ihre Bildung wird wahrscheinlich durch die Verdauung der vielen halb verwesten Blätter, welche die Würmer verzehren, beschleunigt. Die Erdteilchen der oberflächlichen Humusschicht werden dabei Bedingungen ausgesetzt, die ihre Zersetzung und ihren endlichen Zerfall bedeutend begünstigen.

In vorzüglicher Weise bereiten die Würmer den Boden für das Wachstum von Pflanzenwurzeln und Sämlingen vor. Während sie von Zeit zu Zeit die Ackererde an die Luft schaffen, lassen sie Steine und kleine Steinchen, die zu groß sind, um verschluckt werden zu können, zurück. Die innig vermischte Erde eignet sich jetzt gut dazu, Feuchtigkeit zurückzuhalten und lösliche Stoffe zu absorbieren. — Blätter werden zur Nahrung in die Röhren gezogen, in feinste Fäden zerrissen, teilweise verdaut, mit den Sekreten des Darmkanals und der Harnorgane gesättigt und mit viel Erde gemischt. Dadurch entsteht der dunkelgefärbte Humus, der beinahe überall die Oberfläche des Landes bedeckt.

Durch Eingraben unter ihre Exkrementmassen vermögen sie jeden auf dem Boden liegenden und nicht zur Zersetzung neigenden Körper zu schützen und zu bewahren. Hinzukommt, daß sie durch Emporschaffen der feinsten Erdteilchen Gegenstände unterminieren und zum Einsinken bringen. „Viele elegante und merkwürdige, getäfelte Pflaster und andere antike Reste" sind durch diese Tätigkeit erhalten worden, wobei freilich die Arbeit ohne Zweifel dadurch unterstützt wurde, daß Wind und Wetter vom benachbarten Kulturlande Erde heranschafften. — Viele Monolithe und manche alte Mauern sind wohl umgestürzt, weil Regenwürmer sie unterminierten.

[1]) Aus dem Englischen übersetzt von J. Victor Carus. Mit 15 Holzschnitten. Stuttgart. E. Schweizerbartsche Verlagshandlung (E. Koch). 1882.

Digitized by Google

Da Massen von Wurmexkrementen, besonders wenn sie feucht und klebrig sind, von vorherrschenden Winden mit Regen leicht in gleicher Richtung weitergeweht werden, häuft sich die oberflächliche Humusschicht nirgends zu einer bedeutenden Mächtigkeit an. Die Masse der bewegten Teilchen, ihre Geschwindigkeit bei bekannter Neigung der Erdoberfläche sind gemessen, und es ergab sich, daß auf diese Weise ein beträchtliches Gewicht Erde beständig auf jeder Seite jedes Tals abwärts gleite, um schließlich von durchfließenden Wasseradern dem Meere zugeführt zu werden. Die Nivellierung der Erdoberfläche wird durch die Arbeit der Regenwürmer daher, wenn auch nur wenig bemerkbar, beschleunigt.

E. Wollny hat über die Tätigkeit der Würmer Experimente angestellt. Es zeigte sich, daß Samen in Kästen, welche Würmer enthielten, eher aufgehen, wie in solchen, die nicht mit Würmern besetzt waren. Außerdem zeigten Samen in den ersteren Versuchskästen ein lebhafteres Wachstum. In keinem Falle hatten Pflanzen durch die Würmer hierbei irgendwelche Beschädigungen erlitten. Der Boden war durch die Tiere und ihre Tätigkeit aber in chemischer und physikalischer Hinsicht umgeändert worden. Die Lockerung und Zerkrümelung hatte — wie schon erwähnt — die Durchlässigkeit für Luft und Wasser erhöht. Ferner enthielt die mit Würmern besetzte Erde mehr Kohlendioxyd als wurmfreie, da jedenfalls bei Gegenwart der Tiere organische Stoffe leichter zersetzt werden als sonst, außerdem ist sie reicher an Ammoniak, Salpetersäure und löslichen Mineralsalzen, und das ist sowohl bei bebauter, wie bei nackter Ackererde der Fall.

Interessant ist ferner, daß Klunzinger[1]) bei seinen Kulturversuchen mit Lumbricus variegatus körner- oder sinterartige Bildungen beobachtete, die wohl als Exkremente anzusehen wären. Er spricht die Vermutung aus, daß auch manche sinterartigen, geologischen Bildungen durch solche Würmer verursacht sein dürften.

Vielfach verbreitet und deshalb recht bemerkenswert sind die Weichtiere. Ihr Einfluß auf die Form und Gestaltung der Erdoberfläche ist von zweierlei Art. — Die Ströme tragen alljährlich gewaltige Mengen von schwefelsaurem und doppeltkohlensaurem Kalk ins Meer. Durch diese stetige Zufuhr wird aber die Lösung der Salze in den großen Becken, wie man erwarten sollte, nicht konzentrierter, etwa in der Art, daß sich schließlich Gips und Kalkstein ausscheiden und niederschlagen. Das Meerwasser enthält nur einen winzigen Teil von der Salzmenge, die es gelöst halten könnte, und kommt seinem Sättigungspunkte trotz der fort-

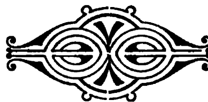
[1]) Klunzinger, C. B.: Über Schlammkulturen im allgemeinen und eigentümliche Schlammgebilde durch einen limicolen Oligochäten insbesondere. Mit 2 Textfig. Verhandl. der Deutsch. Zoolog. Ges. 1906, S. 222—227.

Digitized by Google

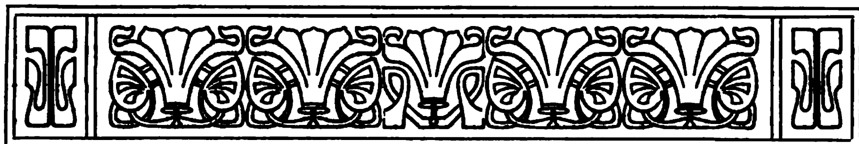
gesetzten Stoffzufuhr nicht näher. Die Erhaltung des stets unveränderten Gleichgewichtes der gelösten Kalksalze des Meerwassers besorgen die Bewohner des Meeres, welche ein kalkiges, inneres Gerüst oder eine Kalkschale zum Schutze ihrer Weichteile abscheiden. Sie setzen die sparsam verteilten Kalksalze in kohlensauren Kalk um und lagern ihn in ihrem Körper als zusammenhängende Masse oder in Form von unzähligen, losen, in der Haut eingebetteten Kalkstäbchen oder -scheibchen ab. Sie reinigen also das Meer von den dauernd zugeführten gelösten Stoffen und bringen es in einen Zustand, der für das organische Leben geeignet ist.

Wie die Foraminiferen scheiden die Mollusken reichlich Kalciumkarbonat zur Herstellung ihrer Gehäuse, Schalen und Schulpe ab. Am deutlichsten tritt diese Wirkungsweise dort hervor, wo sog. Muschelbänke entstanden sind. Außer einigen Muscheln, die das sandige Ufer lieben, beteiligen sich an derartigen Bildungen besonders einmuskelige, ungleichklappige Zweischaler, wie Vertreter der Austern (Ostrea), der Kamm- und Mießmuscheln (Pecten und Mytilus). Diese scharen sich in großen Mengen zusammen und heften sich, dicht aneinander gedrängt, zum Teil auf dem felsigen Untergrunde, zum Teil an ihre Nachbarn fest. In den Lücken und auf den Oberflächen dieser Tiermassen setzen sich wieder andere Mollusken zahlreich an, ebenso Ringelwürmer (Anneliden, besonders Vertreter der Gattung Serpula), die ebenfalls ein Gehäuse von kohlensaurem Kalk abscheiden. Nehmen diese durch üppige Wucherung überhand, so können sie allein für sich ganze Stöcke bilden. Paludinen, Litorinellen und Cerithien bilden an flachen Ufern ebenfalls massenhafte Anhäufungen, während Schulpe von Tintenfischen an einigen Stellen der Küste des Agäischen Meeres fußhoch aufgeschichtet liegen.

(Fortsetzung folgt.)



Digitized by Google



Geh. R. Prof. Ostwald über unsere Schule.

Von Dr. **Hans Kleinpeter.**

Es geschieht nicht eben häufig, daß sich hervorragende Naturforscher über Schul- und Erziehungsfragen äußern. Die Rede, die Geh. R. Prof. Ostwald bei Gelegenheit seines letzten Wiener Aufenthaltes auf Veranlassung des dortigen „Vereins für Schulreform“ über den Bildungswert der Naturwissenschaften gehalten hat, verdient schon aus diesem Grunde als Ereignis bezeichnet zu werden. Sie ist es noch mehr durch die Art und Weise geworden, wie der gefeierte und von der zahlreichen Versammlung enthusiastisch begrüßte Redner seine Aufgabe aufgefaßt und gelöst hat. Die Offenheit und Rücksichtslosigkeit, mit der er an die Zerstörung durch ihr Alter ehrwürdiger Vorurteile schritt, eine in unserer Kultur an sich nicht häufige Erscheinung, berührte um so angenehmer und erfrischender, als sie aus dem Munde eines berühmten Gelehrten kam. Noch mehr trug die sichtliche Wärme, von der die Ausführungen des Vortragenden belebt waren, zu der hinreißenden Wirkung auf das Publikum bei.

Sie gipfelten in zwei Forderungen: die eine verwarf das Prinzip der gleichartigen Mittelmäßigkeit auf allen Gebieten und verlangte statt dessen Pflege der einseitigen Begabung; die zweite wendete sich scharf gegen den maßlosen Sprachenkultus unserer Schule, sprach den Sprachen jeden Bildungswert ab, ja, legte ihnen einen negativen bei, und verlangte naturwissenschaftlichen Unterricht, verbunden mit geschichtlichem unter Zugrundelegung der Muttersprache.

Wenn man nun dagegen hält, daß unsere Schulphilologen seit Jahr und Tag gerade in dem Sprachenstudium den Gipfelpunkt von Wissenschaftlichkeit erblickten, daß sie gegenüber dem Ansturm der Schulreform nicht müde werden zu betonen, das Gymnasium sei für eine geistige Elite da, den Banausen des praktischen Lebens möge es aber immerhin vergönnt sein, mit einer „minderen“ d. h. realistischen Bildung ihr Auslangen zu finden, so kann man ungefähr eine Vorstellung erhalten von der Wirkung dieses kalten Wasserstrahls.

Digitized by Google

Offenbar noch ganz fassungslos unter der Einwirkung des ersten Schreckens begann H. v. Arnim, Professor der klassischen Philologie an der Universität Wien, ein an persönlichen Invektiven reiches, an Inhalt völlig leeres Gestammel in der „Neuen Freien Presse". Nächsten Tages fand eine Versammlung des Wiener Vereines „Mittelschule" statt, bei welcher der Hauptredner Univ.-Prof. Höfler gleichfalls Ostwalds Behauptungen zurückweisen zu müssen glaubte. Einige Tage später wurde eine Protestversammlung in den kleinen Festsaal der Universität einberufen, die vom derzeitigen Rektor, Prof. v. Ebner, einem Naturwissenschaftler, mit einer Rede eröffnet wurde, worin er auf Grund persönlicher Reminiszenzen für das Studium der antiken Sprachen eintrat. Es wurden sodann Zustimmungskundgebungen von Prof. Paulsen und Hofrat Theodor Gomperz verlesen, sodann ein Referat über Ostwalds Vortrag von Kustos Dr. Frankfurter erstattet, worauf die Gegenreden der Herren Prof. Jerusalem, Prof. Kretschmer und Prof. Martinak folgten. Schließlich wurde eine Resolution angenommen, die das Sprachenstudium als durch kein anderes Bildungsmittel ersetzbar erklärt.

Dies ist ungefähr der bisherige Hergang der Sache, die voraussichtlich noch lange nicht zur Ruhe kommen wird. In einem Artikel der Wiener „Zeit" vom 27. Dezember entkräftet Ostwald mit leichter Mühe die „Proteste" seiner Gegner, die zwar manche seiner Anklagen zugegeben, keine aber widerlegt oder auch nur zu widerlegen versucht haben.

Ohne Zweifel ist der Gegenstand von höchstem Interesse. In merkwürdigem Gegensatze zu den sonstigen Erfolgen der Naturwissenschaft ist es dieser noch nicht gelungen, sich auch in der Jugenderziehung einen angemessenen Platz zu sichern. Bisher haben die großen Naturforscher, falls sie überhaupt zu dieser Frage Stellung genommen, sich mit schüchternen Einwänden begnügt. Nur Ernst Mach hat bereits 1886 in seinem später in die „Populärwissenschaftlichen Vorlesungen" aufgenommenen Vortrage „Über den relativen Bildungswert der wissenschaftlichen Unterrichtsfächer"[1]) den höheren Bildungswert der exakten Wissenschaften unter gleichzeitiger Beleuchtung der philologischen Vorurteile hervorgehoben.

Seit ungefähr zwei Jahren gibt es nun in Österreich eine eigene immer mächtiger anschwellende Schulreformbewegung. Zu Ostern 1906 ist der Verfasser dieser Zeilen auf der Versammlung der deutschösterreichischen Mittelschullehrer für eine gründliche Reform des

[1]) Kürzlich als Sonderabdruck bei Manz in Wien erschienen.

Digitized by Google

Gymnasiums und der Realschule eingetreten, nachdem er kurz zuvor in seinem Buche „Mittelschule und Gegenwart“ das Programm der neuen Schule entwickelt hatte. Ungefähr um die gleiche Zeit erging von parlamentarischer Seite ein Aufruf zur Sammlung und Vereinigung aller Kräfte, um eine Umgestaltung des Schulwesens in modernem Sinne zu erstreben. Natur und eigenes Volkstum sollten die Grundlage der neuen Schule bilden, an Stelle des toten Buchwissens lebendiges Können, wirkliche Erziehung treten. Der Gedanke fand Anklang, und so kam es im Mai 1907 zur Gründung eines eigenen Vereins für Schulreform. Vorher schon (Juni 1906) wurde auch eine eigene Zeitschrift („Schulreform“), die gegenwärtig vom Verfasser dieser Zeilen geleitet wird, geschaffen, um die Bewegung literarisch zu vertreten und zu stützen.

Der Winter 1906/07 brachte auch eine Mittelschulenquete, die von privater Seite, von der Kulturpolitischen Gesellschaft, veranstaltet wurde, und in den nächsten Tagen findet eine vom Unterrichtsministerium ins Leben gerufene Enquete statt.

Es bietet insbesondere der Umstand, daß die Schulreform an den hervorragendsten Parteiführern des Abgeordnetenhauses ihre Stütze findet, Gewähr dafür, daß die Bewegung nicht im Sande verlaufen wird.

Der Augenblick ist günstig, und darum sollte er nicht versäumt werden. Jeder naturwissenschaftlich Gebildete möge seinen Beitrag hierzu leisten; die Aufgabe der Schulreform ist eine kulturelle Angelegenheit von hoher Bedeutung.

Unter dieser Beleuchtung muß auch Ostwalds Eintreten für eine Berücksichtigung des hohen erziehlichen Wertes der Naturwissenschaften gesehen werden. Seine Argumentation verdient weiteste Verbreitung; rückhaltlos und unumwunden, wie sie ausgesprochen wurde, sollte sie auch weitergetragen werden.

Zwei Hiebe waren es, die Ostwald gegen unsere Philologenschule führte; der eine wendet sich gegen den Wert der Sprachwissenschaft als solcher, der zweite gegen ihren Erziehungswert.

Was leistet die Philologie für die allgemeine Kultur? war die Frage, auf die Ostwald keine Antwort fand. Aber auch keiner von seinen Gegnern fand sie. Die Sprachwissenschaft ist nach Ostwald keine eigentliche Wissenschaft, denn eine solche muß befähigt sein, die Menschheit zu führen und die Zukunft vorauszusehen; die Sprachwissenschaften aber registrieren bloß. Ich glaube, daß dieser Vorwurf allerdings etwas zu weit geht und sich höchstens auf eine Richtung in der Philologie beziehen kann. Daß die Wissenschaft prophezeien

Digitized by Google

solle, ist ein Ausspruch von Hertz; Mach ergänzte ihn dahin, daß sie auch nach rückwärts zu prophezeien habe. Hierin stimmen die Aufgaben der Paläontologie, Geologie, Geschichte und speziell der Altertumswissenschaft überein, und insofern die klassische Philologie Altertumswissenschaft ist, gilt von ihr dasselbe. Wie ich glaube, hat aber Ostwald unter Philologie jene Betätigungsweise im Auge gehabt, die sich z. B. in Dissertationen über den Gebrauch der Partikel so und so bei Homer oder Demosthenes äußert, und die wohl mit der Wissenschaft einen recht entfernten Zusammenhang besitzt. Trotz dieser Bedenken halte ich aber dennoch Ostwalds Angriff für verdienstlich. Man muß nur bedenken, was für veraltete Ideen über die Wissenschaft die meisten Philologen noch immer hegen. Sie stehen noch immer auf dem Standpunkt des Humanismus vor vier Jahrhunderten, als die Wissenschaft mit dem Studium der Klassiker begonnen hatte. Sie glauben in der Lektüre eines Autors eine wissenschaftliche Tätigkeit von vorbildlicher Bedeutung für jede wissenschaftliche Betätigung zu erblicken. Selbst ein so weitblickender, unvoreingenommener Geist wie Paulsen preist das Übersetzen eines Autors unter Beihilfe von Lexikon und Grammatik als Muster wissenschaftlicher Arbeit im Kleinen; er meint, daß der Schüler hier im Gegensatze zu andern Fächern, in denen er nur reproduktiv tätig ist, gehalten wird, sich selbst seine Behelfe zu sammeln, die ihn zur Überwindung der Stelle führen, daß er da also ähnlich beschäftigt sei wie bei einer Dissertation. Schrader, der Verfasser einer bekannten Erziehungslehre, preist in derselben den lateinischen Sprachschatz, weil er Gelegenheit zum induktiven Denken gebe. Man sehe ein Verbum auf o, dann ein zweites, drittes und komme so zu der Erkenntnis einer Klasse, die nach demselben Gesetze konjungiert werde. Wohin das führt, darauf hat schon Mach in dem oben erwähnten Vortrag aufmerksam gemacht: „Wenn ein junger Gelehrter das Niederschreiben einer wissenschaftlichen Arbeit für ein Advokatenkunststück hält, statt einfach die Tatsachen und die Wahrheit unverhüllt darzulegen, so sitzt er unbewußt auf der Schulbank und vertritt unbewußt den römischen Standpunkt, auf dem das Ausarbeiten von Reden als wissenschaftliche Beschäftigung erscheint."

Ein sehr beredtes schwerwiegendes Argument zugunsten der Naturwissenschaft und ihres Wertes als Wissenschaft liegt in der gegenwärtigen Lage der Geisteswissenschaften. Die Psychologie, die Geschichtschreibung, die Rechtswissenschaft, die Sprachforschung unserer Tage — was ist es, was sie auszeichnet, im Innersten bewegt? Durchdrungen von den großen naturwissenschaftlichen Gedanken

Digitized by Google

des Jahrhunderts finden wir sie, der Geist des Empirismus ist es, der sie zu beherrschen beginnt und von Tag zu Tag in ihnen immer mehr an Boden gewinnt. Die Naturwissenschaften sind die Lehrer, die Schrittmacher der Geisteswissenschaften geworden. Die Psychologie, ihre gemeinsame Grundlage, ist durch Einführung naturwissenschaftlicher Methodik erst eine Wissenschaft geworden, in der Philosophie spielen die großen Gesetze und Ideen der modernen Naturwissenschaft, das Energiegesetz und der Entwickelungsgedanke, die erste Rolle, auf dem Gebiete des Rechtes bricht sich die Erkenntnis von der Haltlosigkeit der bisherigen Grundlagen und der Notwendigkeit der Einführung empirischer Denkweisen immer mehr Bahn, und ähnlich liegt es in fast allen Geisteswissenschaften, die der Sprache nicht ausgenommen. Wahrlich, ein moderner Naturforscher hat nicht nötig, bescheiden zu sein, ja es ist fast ein Verbrechen an den Kulturgütern der Menschheit, es zu sein.

Muß aber schon die Philologie als Wissenschaft von dem Piedestal heruntergerissen werden, auf das sie sich wohlgefällig selbst gesetzt hatte, so steht es noch viel schlimmer um ihren Erziehungswert. Man hat für den Betrieb der antiken Sprachen im ganzen drei Momente ins Feld geführt — und zwar waren zu verschiedenen Zeiten verschiedene modern — das sind das historische (Philologie = Altertumswissenschaft) das ästhetische (humanistische) und das eigentlich philologische. Ostwald hat sich nur mit dem letzteren abgegeben, doch seien zur Ergänzung hier betreffs der beiden ersten die Worte Machs zitiert: „Es wäre auch sonderbar, wenn der Mensch aus einigen alten Topfscherben, beschriebenen Steinen und Pergamentblättern, die doch auch nur ein Stückchen Natur sind, mehr lernen, mehr geistige Nahrung schöpfen könnte, als aus der ganzen übrigen Natur". Und: „Sehr gern betonen die Lobredner des philologischen Unterrichts die Geschmacksbildung, welche durch Beschäftigung mit den antiken Mustern erzielt wird. Ich gestehe aufrichtig, daß dies für mich etwas Empörendes hat. Also um den Geschmack zu bilden, muß die Jugend ein Dezennium opfern! Der Luxus geht also dem Notwendigsten vor! Hat die künftige Generation angesichts der schwierigen Probleme, angesichts der sozialen Fragen, welchen sie an Verstand und Gemüt gekräftigt entgegengehen sollte, wirklich nichts Wichtigeres zu tun?"

„Nehmen wir aber die Aufgabe an! Läßt sich der Geschmack nach Rezepten bilden? Ändert sich nicht das Schönheitsideal? Ist es nicht eine gewaltige Verkehrtheit, sich künstlich in die Bewunderung von Dingen hineinzuzwingen, die bei allem historischen Interesse, bei aller Schönheit im einzelnen, unserm übrigen Denken und Sinnen,

Digitized by Google

wenn wir überhaupt ein eigenes haben, doch vielfach fremd gegenüberstehen? Eine wirkliche Nation hat ihren eigenen Geschmack und holt ihn nicht bei andern. Und jeder einzelne volle Mensch hat seinen eigenen Geschmack."

Daß auch das dritte Motiv, die philologisch-grammatische Schulung nichts taugt, geht aus der Mangelhaftigkeit der Logik der Sprache hervor. Alle Sprachen sind Erzeugnisse des ganz unwissenschaftlich verfahrenden Volksgeistes, weshalb schon Leibniz das Verlangen nach einer exakten, begrifflichen Universalschrift gestellt hat, und jede Wissenschaft sich, oft mit Hilfe besonderer Zeichen, eine eigene Kunstsprache geschaffen hat. Das Studium der Sprachen übt aber nicht nur wegen dieser Mangelhaftigkeit der Logik einen verbildenden Einfluß aus; es entwöhnt auch von der richtigen Einschätzung des Realen (siehe: Fichte, Schelling, Hegel mit ihrer gymnasial-theologischen Vorbildung), erzieht zu einem falschen Kausalbegriff und zur Mißachtung des Empirisch-Tatsächlichen. Ferner erzieht es zur Pedanterie, zum Verlieren in Kleinigkeiten*). Endlich bewirkt das Sprachenstudium eine falsche Auslese, da das Gedächtnis bei ihm eine weit größere Rolle spielt als Verstand oder Vernunft, oder Wille zum Handeln, Beobachtungsgabe u. a. wichtigere Eigenschaften.

Wenn man dem gegenüber sieht, daß alle Schulen durch die Bank auf dem Sprachstudium aufgebaut sind, daß keine einzige die Naturwissenschaft in den Mittelpunkt stellt, dann muß man erkennen, daß es höchste Zeit zur Umkehr ist, und wird das Eintreten Ostwalds freudig begrüßen.

Und da Ostwald selbst für die Pflege der einseitigen Begabungen eingetreten ist, wird er auch nichts dagegen haben, daß jene, die es freut, sich zu Philologen ausbilden. Entschiedene Verwahrung muß aber gegen den Unfug eingelegt werden, daß eine philologische Vorbildung jenen aufgezwungen wird, die sie weder lieben noch ihrer bedürfen.

Das was wir brauchen und was uns vor allem nottut, ist die Schaffung einer wirklichen Realschule mit naturwissenschaftlichem Unterricht im Mittelpunkt, an den sich geschichtlicher und mathematischer, sowie ein solcher in der Muttersprache und im Zeichnen anschließt.

Möge Ostwalds Warnung auch sich als kräftig genug erweisen, uns diesen baldmöglicht zu schaffen!

*) Darauf habe ich bereits in einem Aufsatz des „Neuen Wiener Tagblatt" vom 18. September 1906: „Die Schäden der klassischen Bildung" hingewiesen.

Digitized by Google



Mizar und Alcor.

Wenn der Sternkundige zum ersten Male einem angehenden Jünger der Urania die Sterne erklärt und dabei meist mit dem großen Bären beginnt, wird er immer die Schärfe der Augen seines Schülers an dem zweiten Deichselstern prüfen, dem die Araber den Namen Mizar gegeben haben. Kurzsichtige sehen an dem Stern nichts Besonderes, während ein normales Auge sofort den Begleitstern erkennt, der gewissermaßen auf der Deichsel des großen Himmelswagens in ihrer Mitte reitet. Der Abstand der beiden Sterne ist übrigens recht beträchtlich, fast $^2/_5$ des Monddurchmessers, und wenn er von jedem, von dem man die Schätzung in diesem bekannten Vergleichsmaßstab verlangt, mit dem unbewaffneten Auge immer unterschätzt wird, so ist das nur ein Beweis dafür, daß unser Auge helle Gegenstände größer sieht als schwächer leuchtende. Sind aus dem einfachen Stern bei genauer Betrachtung zwei geworden, so zeigt ein kleines Fernrohr wiederum ein Objekt mehr. Der Hauptstern erscheint doppelt. Der hellere Stern ist 2., der Begleitstern 4. Größe, ebenso hell wie Alcor; er steht aber nur 14 Bogensekunden, gegen 700, ab, die Alcor von Mizar entfernt ist. Es ist bewiesen, daß alle drei Sterne physisch zusammengehören, sie haben parallele Bewegungen durch den Raum, und zwar nimmt die Rektaszension im Jahrhundert um $1^1/_3$ Zeitsekunde zu, die Deklination um 2 Bogensekunden ab. Das ist außerordentlich wenig; und folgendes kann einen Begriff von der Langsamkeit der Bewegung geben.

Die drei Sterne fliegen scheinbar so, als ob sie fest miteinander verbunden wären, Alcor voran. Dabei wird erst in 6000 Jahren der nachfolgende Mizar etwa die Stelle der Sphäre erreicht haben, an der vorher Alcor stand. Auch die Entfernung der Sterngruppe von der Sonne ist annähernd bekannt. Kobold findet sie zu 8 Millionen Erdbahnhalbmessern oder 1200 Billionen Kilometern. Das Licht braucht 126 Jahre, um den Raum von Mizar bis zur Erde zu durchmessen. Der wahre Abstand der beiden Sterne Mizar und Alcor voneinander folgt bei Annahme dieses Erdabstands zu mindestens 28000 astronomischen Einheiten, oder 4,2 Billionen Kilometern, so daß die Entfernung dieser beiden Sonnen

Digitized by Google

voneinander noch fast 1000mal so groß ist, wie die Entfernung des äußersten Planeten von unserer Sonne. Es ist daher ganz natürlich, daß wir von Gravitationswirkungen von Mizar auf Alcor nicht das geringste wahrnehmen. Selbst der nahestehende Begleiter des Mizar steht noch mindestens 560mal so weit wie die Erde und 17mal so weit wie Neptun von der Sonne von dem helleren Sterne des Systems ab. Die Sonne würde in dieser Entfernung einen Planeten erst in $13^1/_4$ Jahrtausenden um sich herum laufen lassen, und tatsächlich ergibt die Beobachtung, daß der Begleiter von Mizar etwa 40 Jahre braucht, um die Richtung der vom Hauptstern nach ihm gezogenen Linie um einen Grad an der Sphäre zu drehen. Das gäbe erst in $14^1/_2$ Jahrtausenden einen vollen Umlauf, wenn die Drehgeschwindigkeit die gleiche bliebe.

Mizar ist aber ferner einer der beiden Sterne, an denen zuerst die regelmäßigen Verdoppelungen der Linien im Spektrum beobachtet wurden, welche beweisen, daß zwei Lichtquellen sich im Spektrum offenbaren, die in Umlauf umeinander begriffen sind. Die sorgfältigen Potsdamer Messungen haben gezeigt, daß dies in $20^1/_2$ Tagen geschieht und daß der Abstand dieser beiden Sterne, die wir also nicht direkt sehen, sondern deren Existenz wir nur theoretisch erschließen, durchschnittlich mindestens 66 Millionen Kilometer, also nur $^2/_5$ astr. Einheiten beträgt. Dabei ist vorausgesetzt, daß wir in der Ebene stehen, in der der Umlauf erfolgt, worüber wir aber nichts wissen. Der seitliche Abstand an der Sphäre kann sonach für die spektroskopischen Komponenten nur auf den 1700. Teil des Abstandes des visuellen Begleiters von Mizar steigen, also weniger als eine hundertstel Bogensekunde, und es gelingt daher auch im schärfsten Rohre nicht, die beiden Sterne auseinanderzubringen.

Damit waren schon 4 Sterne bekannt, welche das Mizarsystem enthielt. Die letzte Zeit hat aber noch mehr auf spektroskopischem Wege kennen gelehrt. In dem Spektrum des nahen Begleiters vermutete Dr. Ludendorff nach 14 Potsdamer Messungen ebenfalls ungleichförmige Geschwindigkeiten in der Blickrichtung, da die Einzelresultate zwischen 7 und 17 Kilometer Annäherungsgeschwindigkeit in der Sekunde schwankten. Doch waren die Linien nicht besonders scharf zu messen. Eine Mitteilung von E. Frost vom Yerkes-Observatorium bestätigt aber die reelle Veränderung. Bei seinen Messungen liegen die Grenzen für die beobachteten Geschwindigkeiten sogar bei 10 Kilometer Entfernung und 17 Kilometer Annäherung. Es ist sonach der Zufall den amerikanischen Messungen günstiger gewesen, indem hier der Stern auch zu Zeiten spektrographisch aufgenommen wurde, als er sich auf einem Teile seiner Bahn befand, die ihn von uns hinwegführte. Endlich hat Frost auch

Digitized by Google

gefunden, daß der dem freien Auge sichtbare Mizarbegleiter aus 2 Sternen besteht. Denn eine dunkle Linie, die von den Wasserstoffgasen in den Sternatmosphären herrührt, und eine andere, die uns das Vorkommen von Magnesiumdampf verrät, zeigten sich bald einfach, bald doppelt im Alcorspektrum. Hier sind also ebenfalls zwei Lichtquellen vorhanden, deren Linien sich dann decken und einfach erscheinen, wenn die beiden Sterne auf der Bahn die Linie passieren, die die Erde mit dem Schwerpunkt verbindet, und doppelt, wenn der eine rechts und der andere links dieser Linie steht und der eine Stern sich nähert, der andere sich entfernt. Da der nähere Begleiter von Mizar nie Linienverdoppelungen, sondern bloß Linienverschiebungen zeigt, besteht er aus 2 Sternen, von denen der eine zu schwach ist, um sich im Spektrum mit eigenen Linien bemerklich zu machen.

Aus dem einen Stern, den das unscharfe oder flüchtig beobachtende Auge allein wahrnimmt, sind nunmehr mit allen Hilfsmitteln moderner Wissenschaft deren sechs geworden, doch so daß sich immer paarweise 2 Sterne einander so nahe befinden, daß sie in kurzer (bei zweien der Systeme noch nicht bestimmter) Zeit umeinander umlaufen und ein so enges System bilden, daß der seitliche Abstand an der Sphäre unter der Wahrnehmbarkeit selbst unserer Riesenfernrohre bleibt. Die drei Paare sind räumlich so weit voneinander entfernt, daß die Umlaufsbewegungen erst in sehr langen Zeiten erfolgen und erst bei dem näheren Mizarbegleiter eben bemerkt werden können. Diese kleine Sternenschar fliegt also zusammen durch den Raum, unter Einhaltung der gegenseitigen Abstände, wie ein Kranichzug unsere Luft durchschneidet, ohne daß seine Glieder einander näherkommen.

Aber die 6 Sterne sind wieder nur Teile einer größeren Gruppe. Fast genau die gleiche Bewegung wie das Mizarsystem haben noch vier andere Sterne des großen Bären, nämlich Merak, Phekda, Megrez und Alioth, welche der Reihe nach die griechischen Buchstaben β, γ, δ, ε tragen, während Mizar der im Alphabet folgende ζ ist. Mit Mizar zusammen gehören zu diesem Systeme höherer Ordnung alle Sterne des großen Wagens außer dem vordersten Deichselstern und dem oberen Hinterrade. Sie stehen an der Sphäre ungefähr in einem größten Kreise und bewegen sich in diesem Kreise hintereinander her, Mizar und seine engeren Geschwister voran. Die Abstände, welche die Glieder dieses höheren Systems vom nächsten trennen, sind rund 20 mal so groß, wie die Entfernung Mizar nach Alcor, das Licht braucht von einem Stern bis zum nächsten rund ein volles Erdenjahr, und einem Beobachter auf einem der Sterne würde der nächste keine Scheibe zeigen, sondern ebenfalls nur als heller Stern erscheinen. Man kann kaum anders als für

Digitized by Google

diese Körper, die jetzt hintereinander den gleichen Weg mit ungefähr gleicher Geschwindigkeit verfolgen, als gemeinsame Ursache die Zerspaltung eines größeren Körpers annehmen, dessen Bewegungsrichtung die einzelnen Teile ungefähr beibehalten haben. Nicht anders, wie sich die Kometen teilen, so daß auf derselben Bahn durch unser Sonnensystem oft durch Jahrzehnte und Jahrhunderte getrennt mehrere Kometen einherwandeln, die keine Wiederkehr desselben Körpers sein können, da die Bahn nicht eng geschlossen ist, muß sich hier im Kosmos die Sternmaterie geteilt haben. Aber wie lange muß die Absonderung der Einzelsonnen, von denen eine wieder in sechs Teile zerfiel, zeitlich zurückliegen, wenn der Abstand der Glieder inzwischen infolge der minimal differierenden Bahngeschwindigkeit auf Lichtjahrentfernung angewachsen ist! R.



Analyse elektrischer Schwingungen mit dem Glimmlichtoszillographen.

Das negative Glimmlicht besitzt eine sehr hohe Leuchtkraft und hat überdies die Eigenschaft, eine Fläche zu bedecken, welche der Stromstärke proportional ist. Diese beiden Eigentümlichkeiten hat bereits im Jahre 1904 Herr E. Gehrcke zur Konstruktion eines Glimmlichtoszillographen benutzt, mit welchem er die Kurvenformen von Wechselströmen bis zu etwa 5000 Perioden in der Sekunde photographisch aufzeichnen konnte. Zwei Jahre später wurde der Apparat von Herrn Ruhmer zur Untersuchung elektrischer Schwingungen angewendet, welche 531 Wechsel in der Sekunde aufwiesen. Herr H. Dießelhorst hat nun an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg diese Methode für die Aufzeichnung so schneller elektrischer Schwingungen nutzbar gemacht, wie sie in der drahtlosen Telegraphie zur Verwendung gelangen. Über diese Versuche hat Herr Dießelhorst am 29. Juni 1907 in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft zu Berlin, sowie am 17. September in Dresden in der Abteilung für Physik der 79. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte einige Mitteilungen gemacht. Um derartig schnelle Vorgänge — es handelt sich hier um Schwingungen mit mehreren Hunderttausend Wechseln in der Sekunde — noch auflösen zu können, muß natürlich die große Leuchtkraft der Glimmlichtröhre nach Möglichkeit ausgenutzt, die optische Anordnung also möglichst günstig getroffen werden. Da ist nun für die Photographie mit rotierendem Spiegel der gewöhnlichen Photographie gegenüber die Abweichung zu beachten, daß die größte Lichtintensität des Bildes dann erzielt

Digitized by Google

wird, wenn Bild und Gegenstand gleiche Entfernung vom Spiegel haben, also nicht, wie bei der gewöhnlichen Photographie, bei stärkster Verkleinerung. Eine aus technischen Gründen zweckmäßige geringe Verkleinerung (etwa 1:2 bis 1:3) bewirkt noch keinen erheblichen Intensitätsverlust.

Unter diesen Bedingungen vermochte Herr Dießelhorst mit einem Hohlspiegel von 10 cm Durchmesser und 15 cm Brennweite bei 114 Umdrehungen in der Sekunde eine Schwingung deutlich aufzulösen, die 680000 Perioden in der Sekunde besaß, was einer Wellenlänge von 440 m entspricht. Das Bild der einzelnen Periode nahm dabei auf der Platte nur eine Strecke von 0,46 mm ein, eine Analyse der Kurvenform war daher nicht möglich; sehr deutlich ergab sich hingegen der Verlauf der Dämpfungskurve, wodurch eine Kontrolle der

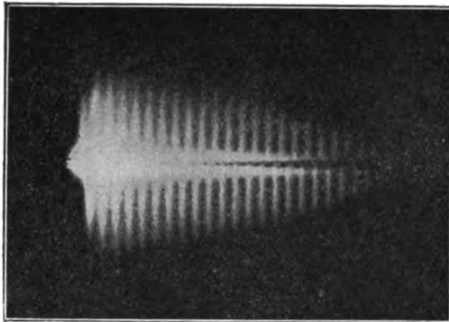


Fig. 1.

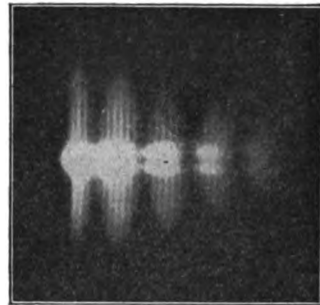


Fig. 2.

üblichen Methoden zur Messung der Dämpfung gegeben ist. Bei Aufnahmen entsprechend langsamerer Schwingungen mit derselben Versuchsanordnung und derselben Umdrehungsgeschwindigkeit des Spiegels nimmt natürlich das Bild der einzelnen Schwingung auf der Platte einen größeren Raum ein, so daß eine Verfolgung der Kurvenform innerhalb einer Periode angängig ist. Eine so aufgenommene Schwingung von 11000 Perioden in der Sekunde zeigte einen durchaus regelmäßigen, annähernd sinusförmigen Verlauf.

Die Methode gestattet, den Unterschied zwischen den allmählich abklingenden direkten Flaschenentladungen durch eine Funkenstrecke und den durch sie in abgestimmten Kreisen induzierten Schwingungen zu beobachten. Bei letzteren steigt, entsprechend der Theorie, die Amplitude zunächst langsam an und fällt dann allmählich ab. Auch der Einfluß der Dämpfung kann bei dieser Anordnung untersucht werden. Wird die Schwingung im Primärkreise so stark gedämpft,

Digitized by Google

daß nach einigen wenigen Perioden ihre Amplitude praktisch vernichtet ist, so sieht man am Bilde der Sekundärschwingung ein anfängliches sehr schnelles Anwachsen, dem dann ein sehr langsames Abklingen folgt, wie dies bei der schwachen Dämpfung des funkenlosen Sekundärkreises zu erwarten ist.

Wie Max Wien entwickelt hat, entstehen bei stärkerer Koppelung zwei Schwingungen, die zu Schwebungen Anlaß geben können. Die Energie pendelt dann gleichsam zwischen beiden Kreisen hin und her, und in jedem Kreise steigt und fällt die Amplitude periodisch dergestalt, daß einem Maximum der Amplituden im Primärkreise ein Minimum im Sekundärkreise entspricht, und umgekehrt. Die hier wiedergegebenen Abbildungen lassen dies erkennen. Die erste Abbildung zeigt eine einfache Flaschenentladung von 1680 m Wellenlänge, die zweite die Entladung in demselben Kreise, wenn ein zweiter abgestimmter Kreis mit 14,3 Prozent gekoppelt war. Im ersteren Falle lief der Spiegel mit 114, im zweiten mit 55 Umdrehungen in der Sekunde.

Die erhaltenen Bilder waren intensiv genug, um in einem großen Saale durch Projektion sichtbar gemacht werden zu können.

Herr Dießelhorst hat die Veröffentlichung weiterer Einzelheiten und Photographien in Aussicht gestellt, der man mit Spannung entgegensehen darf. Es wird sich dann vielleicht Gelegenheit bieten, noch eingehender über diese Untersuchungen zu berichten, als dies an der Hand der bisherigen vorläufigen Veröffentlichung hier geschehen konnte. Mi.



Über Radiumemanation und über die Umwandlung der chemischen Elemente.

Das Studium der radioaktiven Erscheinungen hat seit längerer Zeit bereits unsere Überzeugung von der Unwandelbarkeit der chemischen Elemente erschüttert. Im Jahre 1903 gelang den Herren Soddy und Ramsay der Nachweis, daß bei der spontanen Umwandlung der Emanation des Radiums Helium entsteht. Diese Tatsache ist inzwischen von vielen anderen Forschern bestätigt worden. Es ist ferner auch bei der Umwandlung anderer radioaktiver Stoffe die Bildung von Helium beobachtet worden, so von Debierne bei der Umwandlung von Aktinium und von Sir William Ramsay in den einer Thoriumnitratlösung entströmenden Gasen.

In einer jüngst in der Physikalischen Zeitschrift erschienenen Mitteilung (siehe Phys. Zeitschr. 8, 521—522, 1907) berichtet nun Sir

Digitized by Google

William Ramsay über eine Reihe höchst interessanter Beobachtungen bei der Umwandlung der Radiumemanation. Zunächst fand der englische Forscher, wenn die Radiumemanation mit Wasser in Berührung blieb oder wenn sie in Wasser gelöst war, daß das als Produkt der Umwandlung der Emanation auftretende inaktive Gas im wesentlichen Neon war, während Helium daneben nur in Spuren nachgewiesen werden konnte.

Ramsay ersetzte nun das Wasser durch eine gesättigte Lösung von Kupfersulfat. Auch hier wurde wieder kein Helium gebildet, indessen entwickelte die Emanation jetzt Argon, vielleicht mit einer geringen Beimischung von Neon. Es wurde nun nachträglich aus der bei diesem Versuche verwendeten Kupfersulfatlösung das Kupfer nach der üblichen Methode ausgefällt und das eingedampfte Filtrat spektroskopisch untersucht. Dabei wurden auffallenderweise die Spektren von Natrium und von Kalzium gefunden; außerdem war die rote Lithiumlinie zwar schwach, aber ganz deutlich sichtbar. Der Versuch wurde mit Kupfersulfat sowie mit Kupfernitrat wiederholt, und zwar stets mit dem gleichen Ergebnis, selbstverständlich unter Beobachtung aller nur irgend gebotenen Vorsichtsmaßregeln. Kontrollversuche, bei denen das Kupfersalz durch Bleinitrat ersetzt war, ergaben keine Spur einer Anwesenheit von Lithium. Eine solche wurde ebensowenig bei einem weiteren Versuche mit einer ganz in der gleichen Weise behandelten Kupfernitratlösung gefunden, die zum Unterschied gegen die früheren Versuche nicht mit Radiumemanation in Berührung gekommen war.

Diese überaus interessanten Versuche glaubt Sir William Ramsay folgendermaßen deuten zu können: Die Radiumemanation ist aller Wahrscheinlichkeit nach in die Heliumgruppe des periodischen Systems einzuordnen. Darauf weist neben ihrer chemischen Inaktivität ihr Spektrum hin. Die Emanation gibt bei ihrer spontanen Umwandlung verhältnismäßig gewaltige Energiemengen ab. „Es scheint nun", so fährt Ramsay fort, „als ob die Richtung, nach welcher diese Energie ausgegeben wird, von den Umständen abhängt. Ist die Emanation allein vorhanden, oder nur in Berührung mit Wasserstoff und Sauerstoff, so wird ein Teil der Emanation „zersetzt" oder umgewandelt durch die Energie, die der Rest der Emanation abgibt. Das gasförmige Produkt in diesem Fall ist Helium. Wird aber nun die Energieverteilung durch die Gegenwart von Wasser geändert, so liefert der Teil der Emanation, der „zersetzt" wird, Neon oder, wenn außerdem auch noch Kupfersulfat zugegen ist, Argon. — Ähnlich wird Kupfer durch die Energie der Emanation „degradiert", zerteilt zu dem ersten Element dieser Gruppe des periodischen Systems, zu Lithium." —

Digitized by Google

Ob bei der Einwirkung der Emanation auf Kupfer außer dem Lithium auch Natrium und Kalium entstehen, läßt Sir Ramsay vorderhand unentschieden, da beide Elemente in dem Glase des benutzten Gefäßes vorkamen; er erachtet es indessen auf Grund der Analogie mit den Zersetzungsprodukten der Emanation für wahrscheinlich.

Da die angeführte Veröffentlichung ausdrücklich als „kurze vorläufige Mitteilung" bezeichnet wird, so dürfen wir auf weitere Berichte über diesen interessanten Gegenstand hoffen.

Ist die Deutung, welche Sir William Ramsay seinen Versuchen gibt, wie man wohl annehmen darf, zutreffend, so liegt hier ein weiterer Fall einer Umwandlung eines Metalles, des Kupfers, in ein anderes, Lithium, vor, wie wir solchen schon in der Umwandlung von Radium in Blei kennen. Es fragt sich angesichts solcher Beispiele, ob denn die Bestrebungen der alten Alchimisten, Gold aus anderen Metallen herzustellen, wirklich so durchaus sinnlos und aussichtslos gewesen sind. Im Zusammenhange hiermit möchte ich auf die Ausführungen von Frederick Soddy in einem vor der Londoner Röntgen Society gehaltenen Vortrage hinweisen. Dieser Vortrag ist zum weitaus größeren Teile unter dem Titel „Der gegenwärtige Stand der Radioaktivität" im Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik (3, 1—23, 1906) erschienen. Herr Soddy weist in diesem Vortrage darauf hin, daß erfahrungsgemäß alle radioaktiven Umwandlungen in dem Sinne verlaufen, daß schwerere Atome unter Entbindung verhältnismäßig ungeheurer Energiemengen in leichtere Atome zerfallen. Herr Soddy fährt dann fort: „Radium entwickelt aus jedem Grammgewicht stündlich eine Wärmemenge von hundert Kalorien, und da sich in einem Jahre nur der tausendste Teil des Radiums umwandelt, so folgt daraus, daß die gesamte, bei der vollständigen Umwandlung eines Grammes Radium entwickelte Energie ungeheuer groß sein muß. Dieselbe ist in roher Annäherung etwa millionenmal so groß wie die von einer gleichen Gewichtsmenge Kohle bei der Verbrennung abgegebene. Wenn die 30 Milligramm Radium, die Sie hier sehen, sich plötzlich ganz umwandeln würden, so würde die entstehende Wirkung etwa der Explosion eines Zentners Dynamit gleichkommen. Uranium erzeugt bei seinem vollständigen Zerfall Radium, und folglich muß die dabei entwickelte Energiemenge um so viel größer sein als die vom Radium abgegebene, als das Ganze größer ist als der Teil. Könnten wir durch künstliche Hilfsmittel den Zerfall von Radium oder Uranium beschleunigen, so würden wir einerseits die Umwandlung eines schwereren Elements in leichtere ausgeführt und andererseits eine Energiequelle zur Ausnutzung verfügbar gemacht haben, welche millionenmal gewaltiger ist als jede gegenwärtig bekannte. Die bereits ausgeführte

Digitized by Google

Überlegung zeigt uns, daß, wenn es uns gelingen würde, Uranium durch künstliche Hilfsmittel umzuwandeln, daß wir dann kaum daran zweifeln dürften, dieselben Hilfsmittel auch auf die anderen Elemente anwenden zu können. Es würde daher der Energievorrat unerschöpflich sein. Sehen wir aber einmal, was die Versuche des alten Alchimisten enthalten. Wenn dieser trachtete, ein schweres Element, wie Gold, aus einem leichteren, etwa Silber, aufzubauen, so versuchte er sich an einer nutzlosen Aufgabe. Offen gesagt, selbst wenn dies ausführbar wäre, würde es unmöglich rentabel sein. Die verbrauchte Energie würde weit mehr kosten, als der Wert des erzeugten Goldes betragen würde. Die Energie einiger hundert Tonnen Kohle müßte an eine Unze Silber gewandt werden, um sie in Gold zu verwandeln. Die Energie besitzt einen Marktwert so gut wie Gold, wie jeder bestätigen kann, der eine Rechnung für Elektrizität zu zahlen hat. Wir können also diesen Fall verlassen. Wenn dagegen der alte Alchimist versuchte, Gold aus einem schwereren Element darzustellen, wie etwa aus Blei, so würde der Erfolg, falls er überhaupt gelungen wäre, die habgierigsten Träume übertroffen haben. Nicht nur, daß wir das Gold aus dem Blei gewonnen haben würden, es wäre auch ein Energievorrat entbunden worden von weit größerem inneren und kommerziellen Wert als das Gold. Da er dies nicht ahnte, so war es vielleicht sein guter Stern, daß ihm der Erfolg versagt blieb; sonst hätte ihn vielleicht das Schicksal jenes Chemikers ereilt, von dem die Sage erzählt, er habe einen neuen Explosivstoff entdeckt, aber das Geheimnis desselben habe nie jemand erfahren, denn der Chemiker und sein Laboratorium seien zugleich mit der Entdeckung von der Erde verschwunden. Tatsächlich hat der Alchimist bei seinem Bestreben, mit seinen armseligen Hilfsmitteln Blei in Gold zu verwandeln, sich an einer Aufgabe versucht, die nicht minder hoffnungslos war, als wenn ein Mann versuchen würde, ein Panzerschiff mittels eines Zündhütchens zu zerstören. Es ist wichtig, sich gegenwärtig zu halten, daß, selbst wenn uns jemals hinreichend kräftige Hilfsmittel zu Gebote stehen würden, um die Umwandlung von Blei in Gold zu bewerkstelligen, daß dann das Gold nur ein bloßes Nebenprodukt sein würde, und daß die verfügbar gemachte Energie die wahre Goldmine sein würde."

Wir sehen also, daß es um die Rehabilitierung des Goldmachers doch recht schlecht bestellt ist. Im günstigsten Falle wäre es ihm ergangen wie dem Zauberlehrling in der Ballade Goethes.

Mi.



Digitized by Google

Die Schallenergie des elektrischen Funkens.

Im Physikalischen Institut der Universität Innsbruck hat jüngst Herr Rudolf Wagner interessante Untersuchungen ausgeführt, deren Zweck war, Beziehungen zwischen der im elektrischen Funken auftretenden Schallenergie einerseits und dem Elektrodenmaterial andererseits festzustellen. Da, wie Lord Rayleigh bereits im Jahre 1902 nachgewiesen hat, der Druck einer Schallwelle auf eine in normaler Richtung getroffene vollkommen reflektierende Wand der Schallenergie proportional ist, so genügt für vergleichende Messungen die Bestimmung dieses Druckes. Für eine derartige Bestimmung sind von verschiedenen Seiten verschiedenartige Methoden angegeben worden. Herr Wagner hat, wie aus seiner Veröffentlichung (Wien, Ber. 116 [IIa], 1049—1054, 1907] hervorgeht, eine stark gedämpfte Drehwage gewählt, an welcher eine Halbkugelschale aus Glas austariert worden war. Die Funkenstrecke, deren Elektroden zwei Kugeln von je 8 mm Durchmesser aus dem jeweils zu untersuchenden Metall waren, wurde möglichst genau in den Mittelpunkt der Halbkugel eingestellt. Die Messung des durch den Funken erzeugten Ausschlages erfolgte mittels Spiegelablesung. Die Wage war gegen Luftströmungen und sonstige störende Einflüsse nach Kräften geschützt. Für die vom Schalldruck zu treffende Halbkugelschale wurde Glas deshalb gewählt, weil Metallschalen wegen der in ihnen induzierten elektrischen Schwingungen stark von den Elektroden angezogen wurden und sich somit als unbrauchbar für die geplanten Messungen erwiesen.

Die von Herrn Wagner gefundenen — in der genannten Veröffentlichung tabellarisch zusammengestellten — Werte zeigen, daß der Schalldruck, also die Schallenergie, um so größer ist, je niedriger der Schmelzpunkt des Elektrodenmaterials liegt. Herr Wagner glaubt, diesen Zusammenhang dadurch erklären zu sollen, daß, je höher die Schmelztemperatur der Elektroden liegt, um so größer auch die zum Verdampfen des Metalls erforderliche Stromenergie ist, um so geringer infolgedessen die Schallenergie. Zwei Metalle zeigen eine Abweichung von der gefundenen Gesetzmäßigkeit, nämlich Eisen und Antimon. Beim Antimon ist möglicherweise der gefundene Wert dadurch gefälscht, daß die Elektrodenkugeln aus dem außerordentlich spröden Material nicht mit der gleichen Genauigkeit angefertigt werden konnten wie aus den übrigen Metallen. Der beim Eisen gefundene auffallend hohe Wert der Schallenergie mag in der sofort auftretenden Oxydschicht seine Erklärung finden.

Herr Wagner hat ferner die Abhängigkeit der Schallenergie bei sonst unveränderten Verhältnissen von der Kapazität im Sekundär-

Digitized by Google

kreise, von der Länge der Funkenstrecke und von der Natur des umgebenden Gases untersucht. Mit wachsender Kapazität stieg der Schalldruck erst ein wenig an, um alsdann deutlich abzunehmen. Eine Verlängerung der Funkenstrecke hatte ein beträchtliches Anwachsen des Schalldrucks zur Folge. Der Schalldruck eines zwischen Messingkugeln übergehenden Funkens war in Kohlensäure um etwa 40 v. H. größer als in Luft. Diese letzteren Ergebnisse, welche die Beziehungen zwischen der Schallenergie des Funkens einerseits, der Kapazität, der Funkenlänge und dem umgebenden Gase andererseits betreffen, stimmen gut überein mit den entsprechenden Ergebnissen, welche die Heren Haschek und Mache [siehe Wied. Ann. **68**, 740, 1899] auf Grund manometrischer Messungen in geschlossenen Kugeln erhalten haben.

Diese Übereinstimmung mit den nach einer abweichenden Methode gewonnenen Ergebnissen kennzeichnet die Zuverlässigkeit der Wagnerschen Messungen. Es darf sonach die von Herrn Wagner festgestellte Abhängigkeit der Schallenergie des elektrischen Funkens vom Elektrodenmaterial als gesichert angesehen werden. Es wäre vielleicht lohnend, die Beeinflussung der Schallenergie durch andere Umstände — Primärstromstärke, Wechselzahl usw. — zu untersuchen.

Mi.



Eine Verwendungsweise der drahtlosen Telegraphie zur Schiffsortbestimmung auf See.

Einer kurzen Notiz in der „Elektrotechnischen Zeitschrift" (**28**, 153, 1907) zufolge schlägt Herr Lee de Forest im „Western Electrician" (**39**, 417, 1906) eine offenbar recht sinnreiche Anordnung vor, welche es fahrenden Schiffen ermöglichen soll, ihren Ort bzw. ihren Kurs in bezug auf funkentelegraphische Küstenstationen zu bestimmen. Der Sender der Küstenstation wird zu diesem Zwecke vor einem parabolischen Metallspiegel angeordnet, der sich fortgesetzt um eine senkrechte Achse dreht. Die Folge davon ist, daß die elektrischen Wellen nach fortgesetzt wechselnden Richtungen ausgesandt werden, je nach der augenblicklichen Orientierung des Parabolspiegels. Mit dem Spiegel synchron dreht sich eine Scheibe, welche in eine Reihe von Sektoren — entsprechend den verschiedenen Richtungen der Windrose — eingeteilt ist. Jeder Sektor ist am Rande mit einer Anzahl von Kontaktstücken versehen, und diese Kontaktstücke entsprechen den Morsezeichen für die betreffenden Himmelsrichtungen. Auf diesen Kontaktstücken, die mit dem einen Pol der Dynamomaschine ver-

Digitized by Google

bunden sind, schleift eine Kontaktbürste, die ihrerseits mit dem anderen Pol in leitender Verbindung steht. Mit diesem Stromkreis ist nun der Sender gekoppelt. Geht jetzt unter der Schleifbürste der Sektor vorüber, der die Kontaktstücke trägt, welche beispielsweise dem Zeichen für *NNO* entsprechen, so sendet die Station das Zeichen *NNO* aus. Natürlich stehen Spiegel und Scheibe in Phase, d. h. das Zeichen *NNO* wird gerade dann gegeben, wenn der Spiegel so gerichtet ist, daß die Aussendung elektrischer Wellen nach *NNO* hin erfolgt. Empfängt nun ein fahrendes Schiff — welches wir natürlich mit den nötigen Apparaten für die Aufnahme funkentelegraphischer Nachrichten von unserer Station ausgerüstet annehmen müssen —, empfängt nun ein solches Schiff das Zeichen *NNO*, so entnimmt es daraus, daß es sich nordnordöstlich von einer Station befindet. Welche Station ihm das Zeichen sendet, kann es durch Abstimmung ermitteln. Empfängt es etwas später ein anderes Zeichen, etwa *NO*, so weiß es, daß es mittlerweile an einen nordöstlich von unserer Station gelegenen Punkt gelangt ist. Nach diesen Angaben kann es sich unschwer orientieren und nötigenfalls seinen Kurs ändern. Mi.



Über die thermoelektrischen Eigenschaften gewöhnlicher Metalle und ihrer Legierungen.

Der Umstand, daß in der Literatur zwar hinreichende Angaben über die thermoelektrischen Eigenschaften reiner Metalle zu finden sind, daß jedoch Angaben über das thermoelektrische Verhalten von Legierungen nur sehr spärlich vorhanden sind, veranlaßte die Herren A. G. Warren und F. Murphy, eine Reihe von Metallen und Metalllegierungen nach dieser Richtung hin zu untersuchen. Bei diesen Versuchen, über welche sie in „The Electrician" (**60**, 602—603, 1908) berichten, bestimmten sie die thermoelektrische Kraft in Mikrovolt, bezogen auf eine Temperaturdifferenz von 1° C zwischen zwei Lötstellen des zu untersuchenden Materials gegen Phosphorbronze. Dabei hat sich nun die überaus wichtige Erscheinung herausgestellt, daß die thermoelektrischen Eigenschaften eines Materials nicht nur durch seine chemische Zusammensetzung, sondern auch durch seine physikalischen Verhältnisse sehr wesentlich bedingt werden. Es ergibt sich daher für thermoelektrische Arbeiten die Notwendigkeit, auch der Vorgeschichte der Materialien (Herstellungsweise, ob gewalzt, gezogen, ausgeglüht usw.) die weitestgehende Beachtung zuzuwenden. Mi.



Digitized by Google



R. Börnstein. Die Lehre von der Wärme. („Aus Natur und Geisteswelt", 172. Bändchen.) Mit 33 Abbildungen im Text. Kl. 8⁰. 126 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1907. Preis geh. Mk. 1.—, geb. Mk. 1.25.

Dem gebildeten Laien bietet der Verfasser ein Buch, welches das Verständnis für eine große Reihe von Tatsachen aus dem Gebiet der Wärmelehre sowie für eine Reihe praktischer Anwendungen der einschlägigen Gesetze auf das tägliche Leben zu vermitteln durchaus geeignet ist. Die Darstellung zeichnet sich durch große Klarheit aus, und zahlreiche vorzügliche Abbildungen erleichtern die Lektüre. Einen besonderen Wert gewinnt das preiswerte Büchlein durch die eingeschalteten tabellarischen Zahlenangaben, bei denen durchweg die neuesten Forschungsergebnisse verwertet worden sind. Mi.

Berichtigung.

In der Mitteilung „Eine neue Vergleichung der in verschiedenen Ländern gebräuchlichen Einheiten für die Lichtstärke" im Märzheft des laufenden Jahrgangs dieser Zeitschrift (S. 280—282) ist ein Druckfehler zu verbessern. In der Tabelle auf S. 282 fehlen nämlich in den Überschriften der drei letzten Spalten die Bruchstriche. Diese Überschriften müssen lauten:

$$\frac{\text{Harcourtsche 10 kerzige Pentanlampe.}}{\text{Hefnerkerze.}}$$

$$\frac{\text{Carcellampe.}}{\text{Hefnerkerze.}}$$

$$\frac{\text{Harcourtsche 10 kerzige Pentanlampe.}}{\text{Carcellampe.}}$$

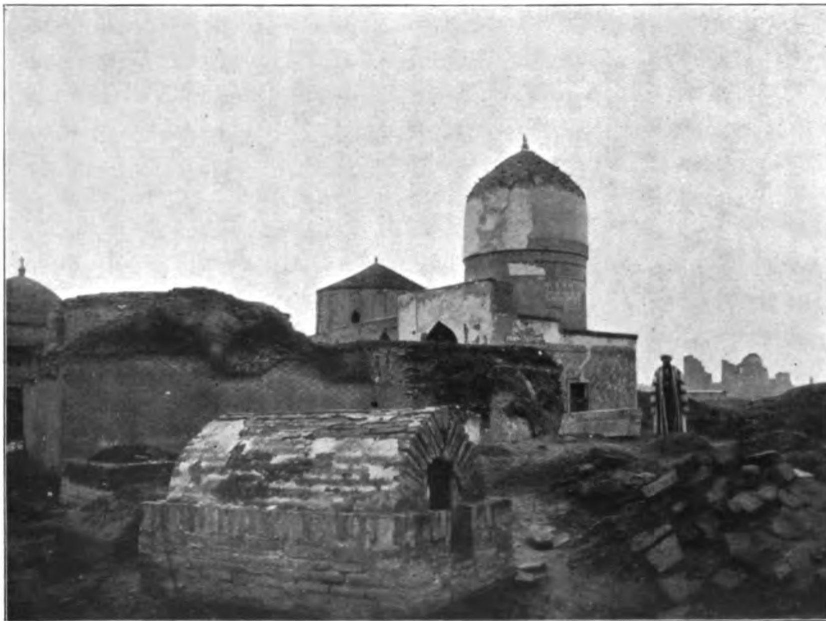
Mi.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google



Mausoleengruppe Schach-Sindah.



Östlicher Kuppelturm von Schach-Sindah, im Hintergrunde die Ruinen von Bibi-Chanim.

Digitized by Google

Digitized by Google



Neuere Leistungen der Dampflokomotiven.

Von Dipl.-Ing. **Karl Steurer** in Ansbach.

Drei Formen von treibenden Kräften sind es, die dem heutigen Verkehrsleben, soweit es sich um Zurücklegung größerer Landwege handelt, seine Prägung geben: einem kleinen Kreis von Sportsmenschen hilft die Gewalt explodierender Gasgemische die Automobile treiben; der Gesamtheit von Bewohnern einzelner Gegenden leiht die Kraft des strömenden Wassers und die daraus gewonnene Elektrizität ihre Dienste für den Betrieb elektrischer Bahnen; der großen Allgemeinheit aller Kulturländer aber ist nach wie vor die Energie des Wasserdampfes in den Dampflokomotiven die wichtigste Triebkraft für ihren Verkehr auf Schienenwegen, mag es sich nur um die Verbindung von Nachbarstädten oder um die Durchquerung weiter Gegenden, ja ganzer Erdteile handeln.

Noch nicht ganz acht Jahrzehnte sind verflossen, seit bei den berühmten Probefahrten zu Rainhill (im Oktober 1829) George Stephenson mit seiner Lokomotive „Rocket" über seine Mitbewerber siegte und damit einen mächtigen Anstoß zur Entwicklung der Eisenbahnen mit Dampflokomotiven gab. Er hatte bei seiner Maschine zum erstenmal den Röhrenkessel angewendet, der die Grundlage für alle späteren Lokomotivkonstruktionen bildet. Seiner epochemachenden „Rocket" ließ Stephenson schon im Jahre darauf (1830) verbesserte Maschinen folgen, und seitdem wurden mehr und mehr die Dampflokomotiven in wachsenden Dimensionen, mit stets größer werdenden Leistungen gebaut. Winkt hier auch kein „blaues Band" als Preis der Schnelligkeit, wie für die großen Dampfer des Atlantischen Ozeans, so sind doch die verkehrsreichen Länder bestrebt, die Geschwindigkeit der Beförderung auf ihren Hauptbahnlinien stetig zu erhöhen.

Digitized by Google

England, das Ursprungsland der Dampfeisenbahnen, steht hinsichtlich der hohen Geschwindigkeit zahlreicher Züge wohl noch an erster Stelle; auf den britischen Bahnen verkehren täglich mehr als 60 Züge mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit, die 90 km in der Stunde übersteigt, während bei uns noch kein einziger Zug in fahrplanmäßiger Fahrt mehr als 90 km stündlich zurücklegt. Bis zum Jahre 1906 war für die deutschen Eisenbahnen, soweit es sich um Schnellzüge auf Hauptbahnen handelt, überhaupt als höchste Grundgeschwindigkeit 80 km festgesetzt; erst seit den letzten zwei Jahren ist diese Grenze auf 100 km hinaufgerückt worden. Die größte mittlere Fahrgeschwindigkeit auf deutschen Bahnen mit 88,2 km in der Stunde wird auf der 162 km langen Strecke Berlin-Halle erreicht, die in 1 Std. 50 Min. durchfahren wird. An diese Linie reihen sich mit 87,6 km, 87,0 km und 86,1 km mittlerer Fahrgeschwindigkeit die Strecken Freiburg-Offenburg (mit 63 km Entfernung), Freiburg-Oos (103 km) und Hannover-Stendal (151 km) an. Der rascheste englische Zug, der gleichzeitig Europas schnellster Eisenbahnzug ist, legt die 71 km lange Strecke Darlington-York mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 99,3 km zurück.

Eine noch größere Schnelligkeit kommt einer amerikanischen Bahnlinie zu; die Strecke zwischen Camden und Atlantic City mit 89,3 km Länge wird fahrplanmäßig in 49 Minuten durcheilt, also mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 109,3 km in der Stunde. Nach amerikanischen Fachzeitschriften soll diese Strecke, die übrigens im Gefälle liegt, sogar schon in 43 Minuten durchfahren worden sein, woraus sich eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 124,8 km ergibt. Da beim Anfahren bis zur Erlangung dieser hohen Geschwindigkeit naturgemäß einige Zeit vergeht und ferner beim Bremsen vor dem Anhalten die Bewegung des Zuges nur allmählich verzögert werden kann, so ergibt sich für die in voller Fahrt durchsauste Strecke eine noch höhere Grundgeschwindigkeit, etwa 135 km auf die Stunde bezogen. Dieser Zug im „Land der unbegrenzten Möglichkeiten" gilt als schnellster Zug der Erde, was die erlangte Durchschnittsgeschwindigkeit anbetrifft. Auf einer kurzen Strecke soll im Jahre 1903 der Empire States Express, der zwischen New York und Chicago verkehrt, bei einer Fahrt mit einer Lokomotive und vier Wagen sogar eine Höchstgeschwindigkeit von 175 km erreicht haben, doch liegen hier möglicherweise Meßfehler vor.

Mit Stolz dürfen wir neben diese großen Erfolge auf ausländischen Eisenbahnen die Leistungen deutscher Lokomotiven stellen, wie sie sich bei besonderen Versuchsfahrten ergaben. Im Jahre 1904 erreichte eine $^2/_6$ gekuppelte Schnellzuglokomotive der Firma Maffei in München bei Probefahrten in Baden, wobei vier Durchgangswagen zu

Digitized by Google

befördern waren, eine Geschwindigkeit von 140 bis 144 km, noch dazu auf wagerechter Strecke, also durch kein Gefälle begünstigt, wie die oben genannte Strecke Camden-Atlantic City. Eine andere von Henschel und Sohn in Kassel erbaute Lokomotive, die samt ihrem Tender nach den Angaben von Wittfeld vollständig in einen Blechmantel eingehüllt ist, erzielte mit drei schweren Durchgangswagen eine stündliche Geschwindigkeit von 137 km. Fast die gleiche Schnelligkeit, nämlich 136 km in der Stunde, konnte bei Versuchsfahrten eine von Borsig in Tegel gebaute $^2/_5$ gekuppelte Heißdampflokomotive nachweisen, die nur zwei Dampfzylinder besitzt.

Zu den neuesten und hervorragendsten Probefahrtergebnissen mit Dampflokomotiven gehören die im Sommer 1907 durchgeführten Schnellfahrten auf der Strecke München-Augsburg, die mit jener $^2/_6$ gekuppelten vierzylindrigen Lokomotive von Maffei unternommen wurden, deren mächtiger Bau als ein Glanzpunkt der Nürnberger Ausstellung des Jahres 1906 die allgemeine Beachtung und Bewunderung auf sich lenkte. Diese Maschine zog einen 150 t schweren Zug mit der durchschnittlichen Geschwindigkeit von 130 km in der Stunde; die dabei erzielte Höchstgeschwindigkeit war 154,5 km. Der Lauf der Lokomotive, die für Versuchsgeschwindigkeiten bis zu 150 km in der Stunde berechnet und gebaut war, war dabei so ruhig und die Dampferzeugung so reichlich, daß diese hohe Geschwindigkeit auch längere Zeit hätte eingehalten werden können.

Diese $^2/_6$ gekuppelte Vierzylinder-Lokomotive, die auch mit einem Schmidtschen Dampfüberhitzer ausgestattet ist, gilt zurzeit als die stärkste Schnellzuglokomotive Europas; sie ist überhaupt die erste europäische Maschine mit sechs Achsen, von denen zwei, die sog. Treibachsen, durch Kuppelstangen miteinander verbunden sind. Der hohen Geschwindigkeit von 150 km entsprechend, erhielten die Treibräder einen Durchmesser von 2,2 m, größer als alle je in Deutschland verwendeten Räder. Die Länge der Lokomotive ist nahezu 14 m; ihre Leistung bei den höchsten Geschwindigkeiten beträgt etwa 2000 PS. Das Betriebsgewicht der Lokomotive allein ist 81,5 t, mit Tender 133 t. — Der gewaltige Fortschritt im Lokomotivbau tritt uns eindringlichst vor Augen, wenn wir mit dieser deutschen Lokomotive die Stephensonsche Maschine „Rocket" vergleichen, die nur $4^1/_2$ t wog und einen Zug von $12^3/_4$ t mit einer Geschwindigkeit von 22 km in der Stunde befördern konnte.

Die gewaltige Leistung von 2000 PS der eben beschriebenen neuesten bayerischen Schnellzuglokomotive wird nur durch die Leistungen elektrischer Lokomotiven in Amerika übertroffen. Für den Tunnel-

Digitized by Google

betrieb der Pennsylvania-Eisenbahn unter der Stadt New York wurde im Sommer 1907 eine elektrische Lokomotive fertiggestellt, die bis zu 4000 PS leisten soll, um auf den Steigungen an den Tunnelenden möglichst hohe Geschwindigkeiten beibehalten zu können.

Die technische Möglichkeit, Dampfschnellbahnen mit 120 bis 140 km Geschwindigkeit zu betreiben, haben die deutschen Lokomotiven bei den oben erwähnten Probefahrten glänzend bewiesen. Daß aber die Geschwindigkeit der raschesten Schnellzüge 100 km selten übersteigt, ist durch die wirtschaftliche Seite des Eisenbahnbetriebes bedingt. Je rascher die Fahrt wird, desto teurer kommt sie, denn schon bei 90 bis 100 km stündlicher Geschwindigkeit verbraucht die Dampflokomotive etwa die Hälfte ihrer Leistung für sich selbst, und nur die andere Hälfte kann für die angehängte Wagenlast, also für den zahlenden Teil des Zuges, nutzbar gemacht werden. Um z. B. von 90 auf 110 km Durchschnittsgeschwindigkeit zu kommen, müßte die Leistung einer Lokomotive von 1100 PS auf 1750 PS wachsen, da mit steigender Geschwindigkeit der Luftwiderstand und die Eigenwiderstände der Lokomotive bedeutend zunehmen. Auf günstigen Strecken ist mit etwa 100 km Geschwindigkeit der wirtschaftliche Betrieb mit Dampflokomotiven noch durchführbar; darüber hinaus würde die zu befördernde, zahlende Last nicht mehr groß genug sein.

Wenn Geschwindigkeiten von Eisenbahnzügen verglichen werden sollen, z. B. die von deutschen Bahnen mit amerikanischen Linien, so darf nicht übersehen werden, daß die Angaben über die Zuggeschwindigkeiten nicht ohne weiteres als gleichwertig genommen werden dürfen. Wo lange Schienenstrecken ohne Steigungen und Krümmungen durch spärlich bewohnte Gegenden führen, da ist natürlich zur Entwicklung hoher Geschwindigkeiten weit reichlichere Gelegenheit gegeben als auf den Eisenbahnlinien dicht bevölkerter Länder mit rasch aufeinander folgenden Bahnhöfen und zahlreichen Kurven und Kreuzungen, von Schwierigkeiten in hügeligem oder gebirgigem Gelände ganz abgesehen. Besonders muß auch die Anzahl und Dauer der Aufenthalte berücksichtigt werden, mit denen außerdem stets noch Geschwindigkeitsverluste für das Anfahren und Bremsen verbunden sind. Man unterscheidet daher die Reisegeschwindigkeit, die man aus der Länge der Strecke durch Division mit der zur Zurücklegung benötigten Stundenzahl berechnet, von der Fahrgeschwindigkeit, bei der die Zeitverluste infolge der Aufenthalte in Abzug gebracht werden.

So ergibt sich, um einige der wichtigsten deutschen Durchgangszüge zu nennen, z. B. für die 583 km lange Strecke Berlin-Köln bei acht Aufenthaltsstationen eine durchschnittliche Reisegeschwindigkeit

Digitized by Google

von 72,6 km und eine durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit von 75,6 km; für Berlin-Frankfurt mit neun Stationen auf der 539 km langen Strecke sind die entsprechenden Geschwindigkeiten 64,7 und 68,7 km. Auf der 655 km langen Linie Berlin-München erreicht der Luxuszug bei viermaligem Anhalten eine mittlere Reisegeschwindigkeit von 66,9 km und eine mittlere Fahrgeschwindigkeit von 68,7 km.

Die amerikanischen Expreßzüge durcheilen ungleich längere Strecken mit verhältnismäßig wenigen Zwischenaufenthalten. Die New York-Zentral-Bahn läßt ihren schnellsten Zug zwischen New York und Chicago auf der 1549 km langen Strecke mit 86,1 und 87,6 km mittlerer Reise-, bzw. Fahrgeschwindigkeit laufen, während ihr nächstschnellster Schnellzug nur 67,8 bzw. 70,9 km Durchschnittsgeschwindigkeit erreicht. Die von der Pennsylvania-Bahn auf einem 1459 km langen Weg zwischen New York und Chicago erzielte Reise- und Fahrgeschwindigkeit beträgt 81,2 bzw. 82,6 km für den Spezialzug und nur 64,3 und 66,7 km für den raschesten Eilzug.

Neben den eingangs genannten hohen Geschwindigkeiten englischer und deutscher Schnellzüge, die den amerikanischen nicht nachstehen, sind noch die Leistungen einiger französischer Expreßzüge erwähnenswert. Der französische Süd-Expreßzug legt die 588 km lange Strecke zwischen Paris und Bordeaux mit 89,3 km mittlerer Fahrgeschwindigkeit zurück. 82,1 km Reisegeschwindigkeit erzielt der französische Riviera-Expreß auf der 1111 km langen Strecke zwischen Paris und Mentone, die er in 14³/₄ Stunden durcheilt; unter Abrechnung von 15 Aufenthalten mit 65 Minuten Gesamtdauer ergibt sich eine mittlere Fahrgeschwindigkeit von 84,3 km, die sich für die 124 km lange Strecke Valence-Avignon bis 93 km und auf der 160 km betragenden Entfernung zwischen Dijon und Laroche bis 91,4 km Durchschnittsgeschwindigkeit steigert.

Als bemerkenswerte Leistungen der Eisenbahnen gelten auch besonders lange Strecken, die ohne Aufenthalt durchfahren werden. In dieser Hinsicht steht die 424 km lange Linie London-Fishguardhafen an erster Stelle; sogar die 660 km lange Strecke zwischen New York und Pittsburg soll schon ohne Aufenthalt durchfahren worden sein. Auf diesen Eisenbahnlinien, wie auf vielen anderen englischen und amerikanischen, auch französischen Strecken, können die Lokomotiven ihren Wasserbedarf während der Fahrt aus langen Trögen aufnehmen, die zwischen den Schienen angeordnet sind. Damit diese Schöpfrinnen auch im Winter benutzbar sind, wird das Wasser in größeren Behältern erwärmt und erst kurz vor der Durchfahrt des Zuges in die Tröge eingelassen. Wo solche Anordnungen nicht vorhanden sind, ist der Wasser-

Digitized by Google

vorrat im Tender für die Länge der ununterbrochenen Fahrt maßgebend. Die größeren deutschen Lokomotiven können bis zu 22 cbm Wasser mit sich führen; bei der größten Maffeischen Maschine vom Jahre 1906 beträgt der Wasservorrat sogar 26000 kg.

Für die Ansprüche an die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven ist einerseits die Geschwindigkeit und Ausdauer, andererseits die Zugkraft maßgebend; je nach der Verwendungsart einer Lokomotive tritt der eine oder der andere dieser beiden Hauptgesichtspunkte bei ihrer Konstruktion in den Vordergrund. Die Zugkraft einer Lokomotive hängt von dem Reibungswiderstand der maschinell angetriebenen Räder auf den Eisenbahnschienen ab. Diese Reibungskraft, die Adhäsion der Treibräder auf den Schienen, hat einen um so höheren Betrag, je stärker der Druck der Treibräder auf die Geleise ist. Als Treibräder arbeiten die von den Dampfkolben der Lokomotive unter Zuhilfenahme von Kurbelgetrieben in Drehung versetzten Räder, sowie die mit ihnen durch Kuppelstangen verbundenen Räder; die übrigen Räder, die als Laufräder bezeichnet werden, dienen zur Unterstützung des Lokomotivengewichtes. Wenn oben z. B. von $^{3}/_{5}$ gekuppelten Lokomotiven gesprochen wurde, so waren damit Lokomotiven mit fünf Achsen oder Räderpaaren gemeint, von denen drei durch Kuppelstangen miteinander verbunden waren und somit als Treibachsen eine bestimmte Zugkraft ausüben konnten, während die übrigen beiden Achsen als Laufachsen mit wesentlich kleineren Rädern den Kessel tragen helfen und den richtigen Lauf der Lokomotive auf dem Schienenwege sichern.

Die Erhöhung der Zugkraft einer Lokomotive setzt die Vergrößerung ihres Gewichtes und die Vermehrung der gekuppelten Achsen voraus. So entstanden in neuerer Zeit nach amerikanischem Vorbild schwere Güterzuglokomotiven, die bis zu sieben gekuppelte Achsen besitzen. Das Gewicht der Lokomotiven kann nicht nach Belieben erhöht werden, sondern hängt von der Widerstandsfähigkeit der Schienen ab. Bei uns gelten 8 t als höchst zulässiger Raddruck; im Ausland geht man mit dem stärksten Druck eines Treibrades auf die Schiene bis zu 12 t. Dadurch kann die Zugkraft einer Lokomotive so erhöht werden, daß auch zur Beförderung schwerer Züge eine einzige Lokomotive ausreicht, während man bei uns häufig zwei Maschinen benötigt. Die mächtigsten Dampflokomotiven für Güterzüge mit einer Leistung bis zu 2000 PS besitzt Amerika. Die schwersten dieser Maschinen sind die 16rädrigen Lokomotiven der Great-Northern-Eisenbahn mit zweimal drei gekuppelten Achsen, mit denen sich eine Zugkraft von 32500 kg ausüben läßt; das Gewicht einer solchen Lokomotive ist 161 t, mit Tender 228 t. Zum Vergleich sei erwähnt, daß die große $^{2}/_{6}$ gekuppelte

Digitized by Google

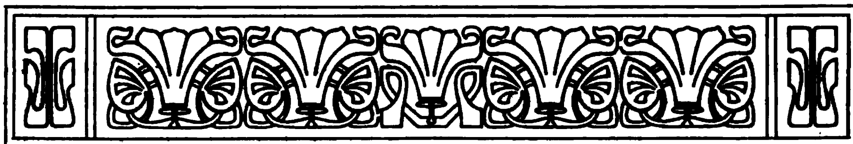
Schnellzuglokomotive von Maffei eine Zugkraft von 6350 kg entwickelt. Der große Unterschied dieser Zugkräfte ergibt sich aus der Verschiedenheit in der Zahl der gekuppelten Räder und aus der Ungleichheit der zugelassenen Raddrücke. Für normalen Betrieb kann die Größe der Zugkraft etwa gleich dem fünften Teile des zur Adhäsion der Treibräder beitragenden Lokomotivgewichtes angenommen werden. Die Zugkraft einer Lokomotive erreicht ihre höchsten Werte beim Ingangsetzen des Zuges und bei der Überwindung der stärksten noch zulässigen Steigungen.

In allen Fällen, ob nun schnellste Beförderung von Personenzügen oder die Bewegung schwerster Güterzüge gefordert wird, ist die Leistung der Lokomotive abhängig von der Menge des erzeugbaren Dampfes, also abhängig von der Größe des Kessels; dieser ist es ja auch, der als Hauptbestandteil der Lokomotive ihr die Wucht ihrer Erscheinung verleiht. Wie sehr die Abmessungen der Lokomotivenkessel gewachsen sind, lehrt folgende Gegenüberstellung der im Jahre 1829 preisgekrönten englischen Personenzugmaschine „Rocket", der stärksten europäischen Schnellzuglokomotive vom Jahre 1906 und der mächtigsten amerikanischen Güterzuglokomotive. Die „Rocket" besaß 25 Heizröhren von je 1,83 m Länge, im ganzen also 45,7 m Heizröhren; die gesamte Heizfläche war 12,8 qm und die Fläche ihres Feuerungsrostes 0,56 qm; der Dampfdruck durfte 3,5 Atm. nicht übersteigen. Der Kessel der deutschen Lokomotive besitzt 226 Röhren von 4,9 m Länge; die Rostfläche beträgt 4,7 qm und die Gesamtheizfläche 252 qm; die größte Dampfspannung ist 14 Atm. Die amerikanische Maschine endlich besitzt nicht weniger als 436 Stück 6,4 m lange Heizröhren, die also zusammen 2790 m lang sind; der 6,7 qm großen Rostfläche entspricht eine 519 qm umfassende Heizfläche; der höchste Dampfdruck ist 16,5 Atm.

Im Vergleich zur altehrwürdigen „Rocket", die im South-Kensington-Museum zu London an die ersten Zeiten der Dampflokomotiven für Personenzüge erinnert, verkörpern die Riesenlokomotiven der Gegenwart in ihrem imponierenden Aussehen und ihren gewaltigen Leistungen die ungemein großen Fortschritte, die das Verkehrsleben zwischen Stadt und Stadt, von Land zu Land, durch mächtige Gebirgsmassive hindurch, über kühne Brückenbauten hinweg seit acht Jahrzehnten erreicht hat.



Digitized by Google



Samarkand.

Reiseerinnerungen aus der alten Timuridenhauptstadt.

Von Dr. **K. Graff** in Hamburg.

(Schluß.)

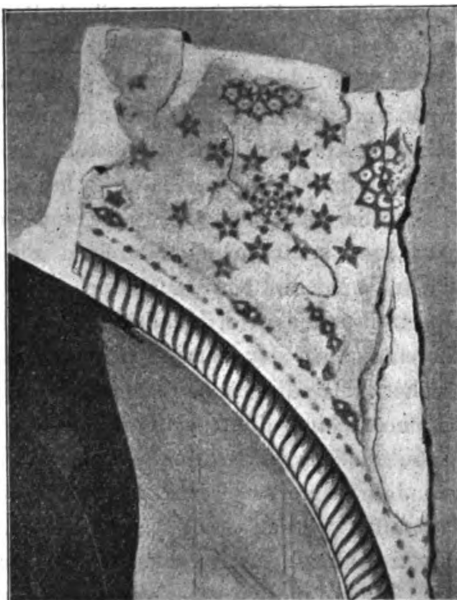
Die Nordseite des Registan nimmt die Hochschule Tilla-Kari ein. Der Name bedeutet soviel wie eine mit Tillas (einheimischen Goldmünzen) bedeckte Medresse. Nach Schuylers Angabe ist sie wahrscheinlich deswegen so benannt, weil die Mosaikarbeiten an der Nische des Kibleh hier reichlich Goldverzierungen aufweisen. Die Medresse Tilla-Kari ist das besterhaltene ältere Gebäude von Samarkand, es bietet jedoch gegenüber der etwa gleichaltrigen Schir-Dar-Hochschule — die erstere ist 1641, die letztere 1648 erbaut worden — weder ein besonderes architektonisches noch ein kulturhistorisches Interesse. Das Gebäude wird auch heute noch als Alumnat benutzt, und seine einzige Sehenswürdigkeit besteht in einigen interessanten Holzschnitzereien und Marmorarbeiten im Innern der Moschee, von denen insbesondere ein prächtiges Stalaktitgewölbe der Hauptnische und die mit Koransprüchen bedeckte Marmoreinfassung der letzteren sehenswert sind.

Während die beiden eben erwähnten Gebäude Schir-Dar und Tilla-Kari noch verhältnismäßig junge Bauwerke darstellen, weist der Samarkander Registan in seiner dritten Hochschule, die den Namen Ulugh-Beighs führt, die Reste eines wesentlich älteren Gebäudes auf, das einst auch eine hohe wissenschaftliche Bedeutung hatte. Die Medresse Ulugh-Beigh ist im Jahre 1420 errichtet worden. Es ist die kleinste der drei Registan-Hochschulen und ihrem hohen Alter entsprechend auch am wenigsten gut erhalten. Die beiden schornsteinartigen Minarets, die ihre Front flankieren, und die man noch vor einiger Zeit besteigen konnte, werden wohl über kurz oder lang das Los der Minarets am Grabe Tamerlans teilen. Ihre schiefe Stellung steht allerdings mit der Baufälligkeit dieser eigenartigen Türme in keinem Zusammenhange, denn sie sind von Anfang an so gebaut worden, daß

Digitized by Google

ihre eine, der Medresse abgewandte Seite senkrecht, die andere dagegen schräg aufgeführt ist. Die Täuschung wird noch dadurch verstärkt, daß der Kielbogen des Pischtak ebenfalls nicht senkrecht aufsteigt, sondern sich nach oben zu verjüngt.

Der Name Ulugh-Beighs ist in der Geschichte mathematischer Wissenschaften durch sein Interesse an der Astronomie und durch die wichtigen Dienste, die er der Himmelskunde hier geleistet hat, verewigt. Als Sohn Schach-Ruchs und Enkel Timurs wurde er wahrscheinlich im März des Jahres 1393 geboren. Die lange Regierungszeit seines Vaters, während



Mosaikreste über dem Pischtak der Ulugh-Beigh-Medresse.

der er von 1409 an die Verwaltung des Oxusgebietes mit der Residenz Samarkand übertragen erhielt, gab ihm die Möglichkeit, frei von allzu schweren politischen Sorgen den eigenen Interessen leben zu können. Er scheint in seiner Jugend eine ausgezeichnete Bildung genossen zu haben; kaum zu einem Manne herangereift, ging er an die Erfüllung seines Lieblingswunsches, Samarkand nicht nur als Zentrale der geistlichen Ausbildung, sondern auch als einen Mittelpunkt der anderen Wissenschaften in der mohammedanischen Welt bekannt und geachtet zu sehen. Es mag ihm eine Nachahmung der berühmten Akademie zu Alexandria vorgeschwebt haben, vielleicht ist auch durch den Gesandten Heinrichs III. von Kastilien die Nachricht von den ersten Hochschul-

Digitized by Google

gründungen des Abendlandes bis in die Oase Samarkand gedrungen; kurz, er beschloß, die namhaftesten orientalischen Gelehrten seiner Zeit nach der Hauptstadt an seinen Hof zu ziehen und gründete zu diesem Zwecke die nach ihm benannte Hochschule. Noch heute, nach fast 600 Jahren, weisen die zahlreichen bei der musivischen Ausschmückung der Medresse verwendeten Sternmuster auf die ursprüngliche Bestimmung des interessanten Gebäudes hin, während ein hoher Turm, der in der Nähe der Hochschule stand und als Observatorium für die astronomischen und astrologischen Arbeiten diente, heute leider bereits gänzlich verfallen ist.

Von den astronomischen Mitarbeitern Ulugh-Beighs werden von seinen Biographen und den Übersetzern seiner Werke noch genannt: Kadi-zade-Rumaeus, Gijath-eddin-Gijmshid, Ali-ibn-Muhammed-Kubshi u. a. Neben dem Observatorium am Registan wurde noch eine Sternwarte auf dem Tschupan-Ata-Hügel im Nordosten der Stadt gegründet, die angeblich aus einem dreistöckigen Gebäude bestand und zu ihrem Inventar mehrere Armillarsphären und einen ungeheuren Quadranten zählte, dessen Umfang von späteren Schriftstellern mit den Dimensionen der Kuppel der Hagia-Sophia in Konstantinopel verglichen wird. Bei der Sucht nach Übertreibungen in orientalischen Berichten ist es nicht zweifelhaft, daß diese Angaben den Tatsachen kaum entsprechen werden. Soviel ist jedoch sicher, daß die Beobachtungen Ulugh-Beighs mit ausgezeichneten Instrumenten ausgeführt sein müssen, da sie zu den genauesten gehören, die uns das Mittelalter überliefert hat. Sie sind im Abendlande erst ein Jahrhundert später durch Tycho Brahe erreicht und zum Teil auch übertroffen worden. Die betreffenden Arbeiten beziehen sich auf eine ganze Anzahl von astronomischen Gegenständen; sie enthalten Abhandlungen über die Bewegung der Planeten, über die geographische Breite und Länge, ferner Tabellen der geographischen Koordinaten einer größeren Anzahl von Städten, wobei als Nullmeridian die Mittagslinie der Kanarischen Inseln gewählt ist, u. a. m. Ihr Hauptwert liegt jedoch in einem umfangreichen Sternkatalog, der für die Epoche 1437 Juli 5 gilt und mehr als tausend mit freiem Auge sichtbare Sterne des Samarkander Horizontes (Polhöhe 39° 39′) umfaßt. Ihre Stellungen sind, wie das allgemein bei den älteren Katalogen üblich war, nicht wie heute nach Rektaszensionen und Deklinationen, sondern nach der Länge in einem der zwölf Tierkreiszeichen und nach der ekliptikalen Breite angeordnet. Den unmittelbaren Anlaß zur Beobachtung dieser Sterne gab die Wahrnehmung, daß einige Objekte des alten Hipparchschen Kataloges aus dem zweiten Jahrhundert v. Chr., der den Arabern aus dem Almagest des Ptolemäus und aus dessen Bearbeitung durch

Digitized by Google

Abdurrahman-al-Sufi wohlbekannt war, am Himmel teils nicht wiederzufinden waren, teils mit Fehlern behaftet erschienen. Die Arbeit ist um das Jahr 1445, kurz vor dem Tode Ulugh-Beighs, fertiggestellt worden. Sie war in arabischer Sprache verfaßt, ist jedoch nur in einigen persischen Übersetzungen bis auf unsere Zeit gekommen. Die drei bekanntesten Handschriften befinden sich in England, wo auch eine mehrfache Ausgabe derselben erschienen ist.

Daß die Sternwarte Ulugh-Beighs in Samarkand auch astrologischen Zwecken diente, erklärt sich vollständig aus dem Geiste jener Zeit, und es ist sogar nicht unmöglich, daß diese phantastische Scheinwissenschaft bei der Gründung jener Sternwarte in erster Linie ausschlaggebend war. Es ist eine merkwürdige Fügung des Schicksals, daß gerade die Beschäftigung mit der Astrologie mittelbar das tragische Ende des zweiten Nachfolgers des großen Tamerlan veranlaßte. Durch anonyme Zuschriften war Ulugh-Beigh bald nach seinem Regierungsantritt vor seinem ältesten Sohne Abdullatif gewarnt worden. Um ganz sicher zu sein, befragte er das Horoskop; die Sterne bestätigten den einmal bei ihm wachgerufenen Verdacht und veranlaßten ihn, seine Gunst nunmehr in unzweideutiger Weise seinem zweiten Sohne Abdullaziz zuzuwenden. Die Folge war eine Empörung, ein regelrechter Bürgerkrieg, Einfall äußerer Feinde und eine Entthronung des bedeutenden Mannes, dem allerdings die Leitung eines wissenschaftlichen Institutes mehr zusagen mochte, als die Beherrschung eines erst vor kurzer Zeit gegründeten, nur mühsam und durch Gewalt zusammengehaltenen Riesenreiches. Geschlagen und gedemütigt kehrte Ulugh-Beigh ohne bewaffnete Begleitung nach Samarkand zurück, wo inzwischen sein Sohn Abdullatif die Regierung übernommen hatte, vielleicht in der Hoffnung, hier wenigstens noch seinen wissenschaftlichen Arbeiten weiter obliegen zu können. Über alles Erwarten wurde er sogar von seinem Sohne freundlich aufgenommen. Die Aussöhnung war jedoch nur äußerlich. Kurze Zeit nach der Wiederkehr Ulugh-Beighs an die Stätte seiner langjährigen wissenschaftlichen Tätigkeit wurde er im Jahre 1449 aus der Stadt gelockt und zusammen mit Abdullaziz durch gemietete Meuchelmörder umgebracht. Das Haupt des Mannes, der einige Jahrzehnte hindurch einer Gelehrtenschule vorgestanden, wurde gleichsam zum Hohne über dem Pischtak der Medresse befestigt; in Samarkand triumphierte wieder die rohe Gewalt über die edleren Bestrebungen und Regungen, deren Hort die Stadt nach dem Tode Timurs zu werden versprach.

Mit dem Tode Ulugh-Beighs hatte die zweite und letzte Sternwarte Westasiens — das von Hulagu-Ilchan, dem Enkel Dschingis-Chans, in Maraga gegründete Observatorium war bereits mehr als anderthalb Jahr-

Digitized by Google

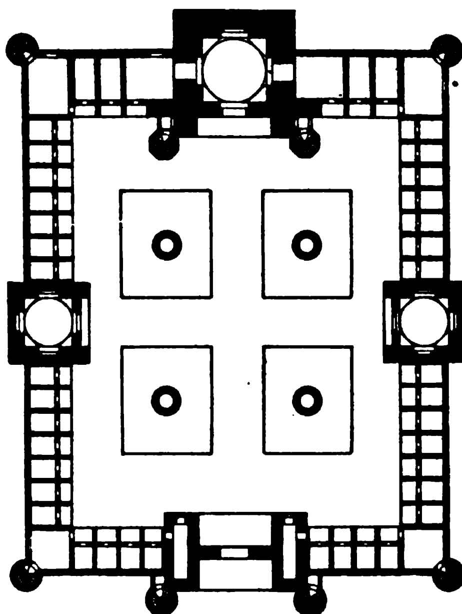
hunderte früher eingegangen — ihre Rolle ausgespielt. Die zu ihr gehörigen Gebäude verfielen bald, und heute ist von den Baulichkeiten auf dem Tschupan-Ata-Hügel nichts mehr übrig geblieben. Über das alte Sternwartengrundstück erstrecken sich ausgedehnte Obstgärten, und es ist bei einem kurzen Aufenthalte schwierig, zu demselben Zutritt zu erlangen. Als wir von einem Eingeborenen geführt nach dem eine knappe Stunde von Samarkand entfernten Platze kamen, wurde uns der Eintritt in die betreffenden Gartenanlagen rundweg verweigert, da man in uns verkappte Beamte der russischen Regierung vermutete, und die Besitzer fürchten mochten, daß das historisch denkwürdige Grundstück dann einfach annektiert werden würde. Alle Versuche, die inzwischen zusammengeströmte Sartenschar von der Grundlosigkeit dieser Ansicht zu überzeugen, waren vergeblich; wir erfuhren schließlich, daß an der Stelle der alten Sternwarte nur noch Spuren einer Brunnenanlage vorhanden seien, und mußten uns wohl oder übel wegen der vorgerückten Stunde mit diesem Bescheid zufrieden geben.

Eine vierte Hochschule, die in ihrem äußeren Aufbau den drei Medressen am Registan außerordentlich ähnlich sieht, befindet sich 6 km südlich von Samarkand und führt ihren Namen nach einem dort bestatteten reichen Heiligen, Hodscha-Achrar, der im 15. Jahrhundert in Taschkent lebte und hier eine religiöse Gesellschaft gründete. Ein Mitglied dieses geistlichen Ordens kam nach Konstantinopel und heilte hier den Kalifen von einer lebensgefährlichen Krankheit. Auf die Aufforderung hin, sich hierfür etwas zu wünschen, erbat sich der fromme Mann den von Othman verfaßten, mit dessen Blute bespritzten Koran, der ihm auch ausgehändigt wurde. Auf diese Weise kam das kostbare Werk nach Taschkent, wurde jedoch später von Hodscha-Achrar nach Samarkand mitgenommen und nach dessen Tode in der erwähnten Medresse, die um das Jahr 1500 entstanden sein mag, längere Zeit aufgehoben. Später kam es in das Mausoleum Timurs, von wo es die Russen nach Eroberung der Stadt für eine Abschlagssumme von 125 Rubeln mit nach Petersburg nahmen. Das interessante Buch, dessen Echtheit wohl nicht ganz gesichert ist, befindet sich heute in der kaiserlichen öffentlichen Bibliothek der russischen Hauptstadt; es ist nach Schuylers Angaben auf kostbarem Pergament (Gazellenhaut) in kufischen Lettern geschrieben. Wegen der großen Entfernung der Hodscha-Achrar-Medresse von Samarkand war es uns nicht möglich, auch dieses Gebäude noch zu besichtigen. Nach Abbildungen und nach den Beschreibungen, die Ujfalvy, Schuyler, von Soldern u. a. von ihm geben, unterscheidet es sich nur wenig von den Medressen am Registan. Unter ihren zum Teil noch wohlerhaltenen Mosaikarbeiten sollen besonders

Digitized by Google

schöne Blumenmuster hervorragen, die aus blauen, grünen, orangefarbenen und blaßroten Steinen zusammengesetzt sind. Auch Tiermuster kommen vor, insbesondere sollen über der Wölbung des Pischtak noch Abbildungen des persischen Wappenlöwen erkennbar sein, sodaß auch hier nicht zweifelhaft sein kann, daß das Bauwerk nicht zentralasiatischen Ursprungs ist, sondern wiederum nach Persien hinweist.

Von den zahlreichen anderen Medressen des alten Samarkand verdient nur noch eine spezielleres Interesse. Es ist dies die Moschee Bibi-Chanim, so genannt nach der Lieblingsgattin Timurs, Bibi, der Tochter



Beispiel der Gesamtanlage einer Samarkander Medresse (Bibi-Chanim).
(Nach v. Soldern.)

eines chinesischen Kaisers, die diesen Tempel nebst einem angrenzenden Mausoleum im Jahre 1404 aus eigenen Mitteln erbaut haben soll. Die Moschee ist unmittelbar an ein im Jahre 1398 von Timur erbautes Hochschulgebäude angegliedert worden, das ebenso wie die umliegenden späteren Bauwerke heute vollkommen in Trümmern liegt. Von dem einst viereckigen Gebäudekomplex sind die Seitenflügel fast spurlos verschwunden; am besten erhalten ist noch das gewaltige, etwa 40 m hohe Eingangstor, durch das man von Süden her den Medressenhof betrat, und ferner die Moschee selbst, die einen kleinen viereckigen Raum mit einer imposanten, sich darüber wölbenden Kuppel darstellt. Zu Vambérys

Digitized by Google

Zeiten scheint die Moschee noch leidlich imstande gewesen zu sein. Heute ist die Kuppel bereits geborsten und zum Teil eingestürzt, und auch die Mauern tragen unverkennbare Zeichen des nahen Verfalles an sich. Aus den riesigen Dimensionen der Reste von Bibi-Chanim, die sicher einst ein Stadtviertel für sich bildeten, ist unverkennbar, daß diese Medresse und Moschee, das letzte Lebenswerk Timurs, einst die erste Stelle unter den Bauwerken der Stadt eingenommen hat. Es wird berichtet, daß die Moschee selbst von chinesischen Künstlern erbaut worden ist; aber weder ihr Grundriß noch ihre äußeren Formen unterscheiden sich irgendwie von den anderen Samarkander Bauten, wenn man davon absieht, daß das Eingangstor zur Moschee diesmal nicht von runden, sondern von achteckigen Minarets flankiert wird. Die Mosaikarbeiten selbst erinnern so sehr an die sonst in der Stadt beobachteten Muster, daß nicht der geringste Anlaß vorliegt, hier irgend welche Einflüsse aus dem Reiche der Mitte zu vermuten. Ein rundes Minaret, das etwas seitlich von der Moschee steht, ist insofern interessant, als sich seine äußere Mosaikbekleidung trotz der Baufälligkeit des Turmes ganz ausgezeichnet erhalten hat.

Der einstige Hof der Medresse, um den sich früher die Wohnungen der Studierenden gruppierten, ist vor einigen Jahren mit Ulmen bepflanzt worden, die der Ruinenstätte ein wenig den trostlosen Charakter benehmen. In der Mitte steht ein mächtiger, etwa 2 m langer und ebenso breiter Koranständer aus Marmor. Auf einem Postament, zu dem einige Stufen emporführen, ruht auf neun niedrigen Säulen eine dicke, am Rande mit dem üblichen Stalaktitmuster verzierte Platte. Die eigentliche Koranunterlage wird von 2 Marmorprismen gebildet, die mit Inschriften und Arabesken reich bedeckt sind. Einst stand dieses Pult in dem angrenzenden Kuppelraum der Moschee; bei der Baufälligkeit des Gebäudes mußte es jedoch hieraus entfernt und unter freiem Himmel aufgestellt werden. Von der Eingeborenenbevölkerung wird übrigens dem altarähnlichen Bau Wunderwirkung beigelegt; noch heute besteht der Glaube, daß er Frauen, die zwischen den Säulen hindurchkriechen, Kindersegen verleihe und Männer, die sich der gleichen Übung unterziehen, vor Rückenmarksleiden schütze.

Abgesehen von der Hodscha-Achrar-Medresse liegen die Samarkander Bauwerke, von denen hier die Rede war, innerhalb des Weichbildes der alten Timuridenstadt. Wir dürfen jedoch Samarkand nicht verlassen, ohne noch eines sehr interessanten Gebäudes oder vielmehr einer ganzen Gruppe von Baulichkeiten zu gedenken, die außerhalb der Stadt an der Karawanenstraße nach Taschkent liegen und hier inmitten eines endlosen Trümmer- und Gräberfeldes besonders auffallen. Acht oder

Digitized by Google

neun Kuppeln, die allerdings zum größten Teil ihre Glasur bereits verloren haben, wölben sich hier über zwei Reihen von Gebäuden, die durch einen offenen, mehrfach gewundenen Gang voneinander getrennt sind und größtenteils Grabkammern enthalten. Von den ersten Schilderern Samarkands, insbesondere von Vambéry, ist die ganze Anlage als eine Sommerresidenz Timurs gedeutet worden. Es steht jedoch heute fest, daß der ganze Bau, der den Namen Schach-Sindah führt, von Anfang an als eine Art Mausoleum angelegt war, in dem der asiatische Eroberer seinen Geschwistern und weiteren Angehörigen eine letzte Ruhestätte bereiten wollte. Zweifellos sind diese prächtigen Gräberkammern erst nach und nach während der Regierungszeit Timurs und dessen erster Nachfolger entstanden, worauf schon die verschiedene Bauart der Kuppeln und die zum Teil wesentlich abweichende Art der Mosaikbekleidung der Wände schließen läßt.

Der Name Schach-Sindah ist von der Bezeichnung der Moschee, die den terrassenförmigen Aufbau dieser Gräberstraße krönt, auf das ganze Mausoleum übertragen worden. Das Wort bedeutet soviel als „lebender König" und knüpft an eine Legende an, deren Schauplatz die Gruft der heutigen Moschee gewesen sein soll. Hiernach lebte in Samarkand einst ein frommer Mann, Hasreti Kassim-ibn-Abbas, der in einer Höhle des Plateaus, auf dem sich heute Schah-Sindah erhebt, sein gottgefälliges Einsiedlerleben führte. Selbst zu Timurs Zeiten war im Volke noch der Glaube verbreitet, daß der Fromme in der Höhle noch am Leben sei. Um sich hiervon zu überzeugen, erteilte Tamerlan einem Manne den Befehl, in die Höhle hinabzusteigen. Dieser fand den Heiligen tatsächlich in dem unterirdischen Raum im Gebet versunken vor, erhielt aber von ihm den Auftrag, über alles, was er unten gesehen, Schweigen zu beobachten, widrigenfalls er und seine Kinder bis ins achte Glied stumm bleiben würden. Bei seiner Wiederkehr an die Erdoberfläche verweigerte der Bote dem harrenden Timur jegliche Auskunft, und erst als ihm dieser mit dem Tode drohte, berichtete er über das, was er unten gesehen, worauf er sofort die Sprache verlor. Die erste Grundlage zu den jetzigen Anlagen von Schach-Sindah soll nun jene Moschee gewesen sein, die Timur zur Besänftigung des Heiligen in der Nähe oder über dessen unterirdischer Wohnung errichtet hat.

Den erwähnten Gang, der die beiden Mausoleenreihen voneinander trennt, betritt man durch ein schmuckes, von Ulugh-Beigh erbautes Portal, hinter dem sich eine kleine Medresse und der Aufenthaltsort für die Mullahs befindet, die hier über den Gräbern Wache halten und dem Fremden gegen ein bescheidenes Trinkgeld gern alle Sehenswürdigkeiten von Schach-Sindah zeigen, auch kleine Funde, alte Münzen u. dergl.

Digitized by Google

zum Kauf anbieten. Links von der großen Freitreppe, die zu den oberen Räumen führt, überwölbt eine hohe, spitz zulaufende Kuppel das Grab einer Amme Timurs, Oldscha-Aim. Es klingt durchaus plausibel, wenn erzählt wird, daß die unverhältnismäßige Höhe des Kuppelaufbaues auf den Wunsch Timurs zurückzuführen ist, daß die Gräber seiner Verwandten dasjenige seiner Amme nicht überragen sollten. Dementsprechend würde auch der gedrückte Aufbau der oberen Mausoleen seine genügende Erklärung finden. An die Grabkammer der Oldscha-Aim schließen sich die letzte Ruhestätte einer Schwester Timurs und weiter die einander gegenüber liegenden Mausoleen von zwei Brüdern desselben an. Die Austattung dieser Bauten in musivischer Hinsicht bietet kaum irgend etwas Neues, weshalb wir sie hier ohne weiteres übergehen können. Dagegen sind die Gräber von zwei weiteren Schwestern Timurs, an denen wir nunmehr vorbeikommen, so interessant, daß wir ihnen einige Worte widmen müssen. Die beiden Mausoleen sind bezüglich ihrer ganzen Anlage ziemlich gleichartig gehalten, doch hat zweifellos das westliche, das der Schwester Timurs Dschuschuk-Bika und dreien ihrer Kinder gewidmet ist, unstreitig einen höheren künstlerischen Wert. Das Eingangsportal wird hier nach außen hin von zwei Ecksäulen flankiert, die unten die Form einer sich öffnenden Tulpe haben und sich dann senkrecht bis zur Höhe des Pischtak erheben. Diese Säulen setzen sich nun aus einzelnen Fayencestücken zusammen, auf denen ein wundervolles Spitzenmuster in Reliefform herausgearbeitet ist. Ähnliche Säulen, die indessen aus einem einzigen Stück gearbeitet sind, findet man an den Ecken des Einganges zu dem Innenraum. Die zwischen den Säulen gelegenen Wandflächen, sowie das Innere der von einem herrlichen Stalaktitgewölbe gekrönten Eingangsnische sind mit farbigen Fayenceplatten belegt, die gleichfalls in durchbrochener Arbeit hergestellt sind und die zierlichsten Arabesken, Blumenmuster und Koraninschriften in so abwechslungsreicher Form- und Farbengebung enthalten, daß schon die Wiedergabe des äußeren Schmuckes dieses offenbar mit besonderem Aufwand hergestellten Gebäudes einer Musterzusammenstellung der herrlichsten Erzeugnisse keramischer Technik aus der Zeit Timurs gleicht. Die Farben, die hier verwendet sind, weichen von den bisher genannten wenig ab. Dunkel- und Türkisblau sowie Weiß herrschen vor, dabei sind jedoch auch braune, grüne und gelbe Kacheln vertreten, an einigen Stellen ist sogar wie bei der Medresse Tilla-Kari echtes Gold zur Verwendung gekommen. In dieser Glanzleistung hat die von Persien nach Zentralasien eingeführte Technik der Kunsttöpferei ihren Höhepunkt erreicht. Bei späteren Bauten findet man nur noch Flachornamentik vertreten; und selbst Landsdell, dem man schon eine recht weitgehende

Digitized by Google

Kenntnis der Baureste Mittelasiens zusprechen darf, besinnt sich nicht, irgend anderswo im Lande eine ähnlich vollkommene Ausschmückung der Wände in durchbrochener Arbeit vorgefunden zu haben. Das Innere entspricht nicht ganz dem äußeren Eindruck des Mausoleums, obwohl auch hier die Seitenwände und besonders die Kuppelwölbung sehr reich mit gut erhaltener Mosaikbekleidung versehen sind. Eine Inschrift auf dem oberen Fries des Eingangs besagt, daß die Gruft von Dschuschuk-Bika selbst im Jahre 1371 erbaut worden ist und zwar durch die Meister Schamo-Eddin und Sein-Eddin.

Angesichts des eigenartigen Schmuckes des Mausoleums Dschuschuk-Bikas können wir alle anderen Einzelheiten von Schach-Sindah übergehen und uns nun der Moschee selbst zuwenden, die sich oben fast am Ende des langen Ganges befindet. Einst war diese Moschee ein berühmter Wallfahrtsort; in ihrem Inneren wurden einige Reliquien von Timur, insbesondere ein Helm und ein Panzer, aufgehoben, und noch lange nach dessen Zeit pflegten die Herrscher vor ihrem Einzuge in Samarkand diesen Ort zu besuchen. Der obere Raum der Moschee ist verhältnismäßig klein und dunkel, die Wände und Nischen, vor allen Dingen aber der Kibleh, sind mit Fresko- und Mosaikarbeiten sowie Koraninschriften und Tafeln reichlich verziert. Eine Reihe von Kammern, die früher den verschiedenartigsten religiösen Zwecken, vor allen Dingen Buß- und Fastenübungen gedient haben mögen, befindet sich in der Nähe, und eine Treppe führt zu der Gruft herab, in der die sterblichen Reste des „lebenden Königs“ Hasreti Kassim-ibn-Abbas bestattet liegen und zu denen selbst strenggläubigen Mohammedanern nur ganz ausnahmsweise der Zutritt gewährt wird. Man kann nicht behaupten, daß dieser Raum besondere Pietät erwecke. Fast wie in einem Trödlergeschäft findet man hier ganz profane Gegenstände, offenbar zum größten Teil Weihgeschenke, über- und nebeneinander aufgestapelt. Der Fußboden ist mit kostbaren Teppichen bedeckt, die in mehreren Schichten übereinander liegen und von denen man nichts zu sehen bekommt, da sie mit schmutzigen Schutzdecken belegt sind; an langen Stangen finden wir die üblichen Banner und Roßschweife aufgestellt und an einem Gestell eine unglaubliche Anzahl alter Kleiderfetzen. Voller Ehrfurcht versicherte der uns herumführende Mullah, daß das Anbringen eines derartigen bunten Kleiderfetzens an diesem Gestell unzweifelhaft zum Kindersegen verhelfe, und schien fast gekränkt zu sein, daß wir diesen heiligen Gegenstand nicht so recht zu würdigen wußten. Das gleiche Mißgeschick hatte er bei der Demonstration weiterer Votivgaben, die zum größten Teil aus Hörnern der Bergziege bestanden und, dick mit Staub bedeckt, in einer Nische aufgehäuft lagen. Daß an jede dieser

Digitized by Google

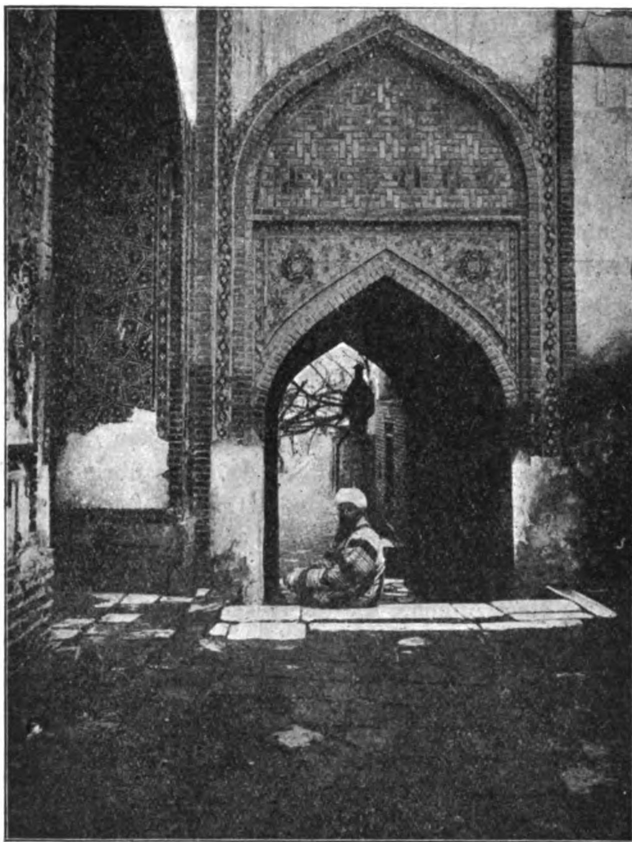
unwirtlichen und wenig einladenden Kammern sich irgend eine gleichgültige Spukgeschichte knüpft, braucht wohl kaum erwähnt zu werden. Wir hielten uns in diesen Räumen, in denen ein mächtiges Koranexemplar von nahezu zwei Meter Länge und mehr als einem Meter Breite vielleicht die einzige Sehenswürdigkeit bietet — es soll früher auf der bereits erwähnten Marmorunterlage in der Moschee Bibi-Chanim gelegen haben — nur kurze Zeit auf, um uns draußen noch einmal die prächtigen Mosaikarbeiten anzuschauen. Hier in Schach-Sindah findet man endlich wenigstens an einigen Stellen noch ganze Wände, Portale usw. vor, denen die Zeit noch verhältnismäßig wenig Abbruch getan hat und die uns, wie z. B. das Eingangstor zum Mausoleum Dschuschuk-Bika, die ehemalige Pracht dieser Baulichkeiten wenn auch nicht mehr voll begreifen, so doch wenigstens ahnen lassen. Die farblose Photographie vermag ja nur von den Mustern und der Reichhaltigkeit der Dekorationstechnik eine Vorstellung zu geben, den Glanz und Hauptanziehungspunkt bilden hier die Farben, und was vielfach selbst durch eine unglaublich einfache Kombination von zweifarbigen Glasurziegeln mit dem einfachen Rohmaterial für eine Wirkung erzielt ist, läßt sich kaum beschreiben. Um so öder wirken daneben die ihres einzigen Schmuckes beraubten Wände des architektonisch ziemlich bedeutungslosen Baues. Daher kommt es auch, daß gerade Schach-Sindah nach außen hin nicht den Eindruck erweckt, den man von dem vielgerühmten Mausoleum erwartet.

Als wir nach dem ersten Besuche von Schach-Sindah das umliegende Gräberfeld von Afrosiab, die einstige Stätte von Maracanda, betraten, war die Sonne im Untergehen begriffen und beleuchtete mit ihren letzten Strahlen den ungeheueren Ruinenkomplex der einstigen Moschee und Medresse von Bibi-Chanim. In der Ferne sah man die leuchtenden Kuppeln und Minarets der Registan-Hochschulen, und im Süden glänzten uns wieder die Schneefelder vom Nordabhange des turkestanischen Gebirges entgegen. Hätte nicht die Tageszeit zur Rückkehr gemahnt, man hätte wahrlich von diesem historisch so denkwürdigen Platze aus diesen Anblick noch lange genießen mögen, zumal da die Hügel im Norden Samarkands der einzige Ort sind, von dem aus man einen leidlichen Überblick über die alte Timuridenstadt hat.

Freilich, was bedeuten die vier- bis fünfhundert Jahre, von denen uns die Silhouetten jener Tempel und Hochschulbauten am Horizont erzählen, gegenüber der Zeitspanne, die unsere Vorstellungskraft an so vielen anderen, wesentlich älteren historischen Stätten zu überbrücken hat? Was bedeutet diese geringe Zeitdifferenz gerade hier, wo das Leben der Völker wie des einzelnen im Schneckentempo fortschreitet, wo Land und Leute unverändert bleiben ganze Jahrhunderte hindurch?

Digitized by Google

Und doch ist es vielleicht gerade diese echte, zu dem Alter der Prunkbauten Timurs und seiner Enkel so ausgezeichnet passende Umgebung, die den Reiz Samarkands ausmacht. Dem plötzlichen, unvermittelten Kulturenthusiasmus, der in diesen und all den zahlreichen anderen, längst eingestürzten Bauten seinen Ausdruck fand, sind die Menschen ringsherum nicht gefolgt; sie sind dieselben geblieben in ihren Sitten und



Mosaikarbeiten am Eingang zur Moschee Schach-Sindah.

Gebräuchen, in ihrer ganzen konservativen Gesinnung, in ihrem fanatischen Festhalten an der Vergangenheit. Kein Wunder, daß sie die Schöpfer all dieser gewaltigen Bauten fast als Halbgötter verehren und insbesondere Timurs mit einer Ehrerbietung gedenken, die wenig zu dem tyrannischen Wesen dieses kunstsinnigen, aber unmenschlich grausamen und rücksichtslosen Nachkommen Dschingis-Chans paßt. Heute stehen die meisten Medressen und Moscheen leer und öde da, und durch die Löcher in den

Digitized by Google

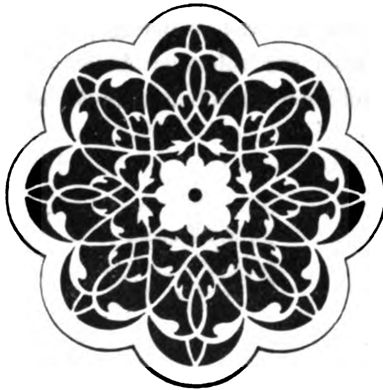
geborstenen Dächern und Mauern schaut die morgenländische Sonne in das Innere hinein. Die Mullahs haben sich die zweite Hauptstadt des Landes, Buchara, zum Mittelpunkte ihrer religiösen Bestrebungen ausgesucht, und der Muezzin hat sich von den mosaikgeschmückten Minarets des Registan und der Moschee Bibi-Chanim in bescheidenere Bauten zurückgezogen. Von dem offenen Vorbau eines schmucklosen, mit einer flachen Kuppel gedeckten Heiligengrabes drüben an der Taschkenter Landstraße ertönt jetzt beim Sonnenuntergang sein eintöniger Ruf an die Gläubigen über das weite Gräberfeld von Afrosiab nach der Eingeborenenstadt herüber, die sich wie ein Pygmäendorf am Fuße von Zyklopenwerken dem Beschauer darstellt.

Was uns die Timuridenhauptstadt an Alter nicht bieten kann, das finden wir zur Genüge beim Anblick der Kulturstätte, die der Name Afrosiab umfaßt, und auf deren südlichstem Gelände sich Schach-Sindah erhebt. Von der primitiven Ansiedlung der Steinzeit bis zu den Prunkgräbern Timurs und seiner Familie — wie viele Völker, deren Reste jetzt das weite Lößplateau bedeckt, mögen in diesen drei bis vier Jahrtausenden in der Oase an dem segensreichen Serafschan gelebt und später ihren Untergang gefunden haben? Von dem blühenden Maracanda, von der späteren Chinesenstadt Sie-mu-se-kan, von dem reichen Samarkand des Samanidengeschlechtes ist nichts übrig geblieben; hier und da zerstreute Scherben, einige kümmerliche Mauerreste, das ist alles, was einige Jahrtausende menschlicher Geschichte an diesem Fleckchen Erde hinterlassen haben. An den mazedonischen Eroberer erinnert nur noch der Name einer Anhöhe, die im Volksmunde den Namen Iskander-(Alexander)-Hügel führt, und auf der voraussichtlich auch dessen Hofburg gestanden hat. Da späterhin die Friedhöfe von Samarkand nach Afrosiab verlegt wurden — nur die Angehörigen des regierenden Herrscherhauses sind in den letzten Jahrhunderten im Bereiche der Stadt begraben worden — so ist nicht zu verwundern, daß wohl alles aufzutreibende und noch irgendwie brauchbare Baumaterial nach und nach für die Anlage der Friedhöfe verwendet worden ist. Systematische Ausgrabungen werden hier zweifellos viel Neues und Interessantes zutage fördern, wenngleich bei der beträchtlichen Ausdehnung des Ruinenfeldes die Arbeiten recht zeitraubend und kostspielig werden dürften. Nach der Eroberung Samarkands durch General Kaufmann wurden alle Raubgrabungen auf Afrosiab verboten. Indessen kann man bei einzelnen Tempelwächtern der Stadt kleinere, leicht versteckbare Gegenstände, alte Figuren, Münzen, Kameen und dergleichen, die zweifellos von Afrosiab herstammen, für gute Bezahlung erhalten. Wie wenig derartige Verbote überhaupt nutzen, ersieht man auch daraus, daß trotz des strengen Ver-

Digitized by Google

botes der Mitnahme irgend welcher Kachelverzierungen von den um die Moscheen herumliegenden Schutthaufen der Handel mit Kachel- und Fayencestücken vom äußeren Belag Tamerlanscher Bauten auch heute noch nicht aufgehört hat.

Wie lange die oben geschilderten Ruinen dem Zahne der Zeit überhaupt noch standhalten werden — wer mag das wissen? Sicherlich ist seitens der russischen Regierung bereits manches getan worden, um dem weiteren Einsturz dieser interessanten Denkmäler nach Möglichkeit vorzubeugen. Gewiß ist auch dadurch bereits manches vor einem sicheren Zerfall bewahrt worden. Es ist jedoch zu bedauern, daß die Ausbesserungen an einigen Stellen allzu handwerksmäßig, ohne jegliches Verständnis für die Bedeutung und das Alter dieser Bauwerke vorgenommen worden sind, wenngleich man sich der Erkenntnis nicht verschließen



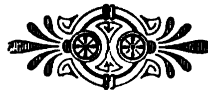
Alabaster-Rosette von Schach-Sindah.

kann, daß eine dauernde und plangemäße Instandhaltung dieser zahlreichen und vor allen Dingen so gewaltigen Ruinen Unsummen verschlingen würde. Aber auch dann noch würde eine Erhaltung der Samarkander Denkmäler in keinerlei Weise gewährleistet sein. Erst kürzlich, im Oktober 1907, hat sich, kaum 150 km von Samarkand entfernt, die Katastrophe von Karatag abgespielt, und wenngleich diesmal die Timuridenhauptstadt nur wenig in Mitleidenschaft gezogen worden ist, so können sich ähnliche Naturereignisse in diesem von Erdbeben so oft heimgesuchten Erdstrich jederzeit wiederholen und alle diese Denkmäler islamitischer Baukunst, die noch heute in ihren kümmerlichen Resten das Auge entzücken, vom Erdboden tilgen.

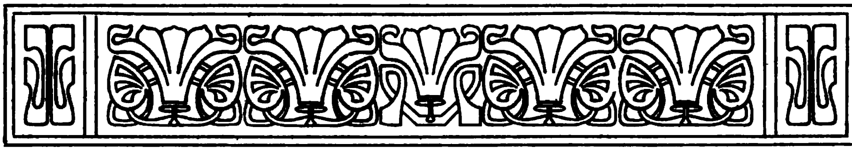
Fast scheint es, als ob auf den zentralasiatischen Kulturstätten ein Verhängnis laste. Von all den blühenden Ortschaften, die einst die Ufer des Murghab, des Amu-Darja und des Serafschan zierten, ist ja fast

Digitized by Google

nichts mehr, nicht einmal der Name erhalten geblieben. Was nicht durch Völkerwanderungen oder durch feindliche Einfälle wie denjenigen Dschingis-Chans vernichtet worden ist, haben Änderungen der Flußläufe, Wanderdünen, Wechsel des Klimas u. a. m. bewirkt, indem sie die Einwohner zum Verlassen ihrer bisherigen Heimat und zur Ansiedelung in anderen Gegenden zwangen. Schon von der Bahn aus sieht der Reisende gar oft mitten in der transkaspischen Wüstenei Reste von derartigen Ansiedelungen, Dörfern, Befestigungen usw., die längst aufgegeben und verlassen sind, und nur wenige 100 Kilometer westlich von Samarkand kreuzt der Schienenweg sogar eines der großartigsten Ruinenfelder der Welt, die Stätte des alten Merw, das einst wesentlich größer und mächtiger gewesen ist als Samarkand, heute jedoch vollkommen in Trümmern liegt und keine Einwohner mehr in seinen Mauern birgt. Es ist das Los aller Kulturoasen, das in diesen lapidaren Zeichen da draußen in der Wüste sich verzeichnet findet — der Sieg einer veränderlichen, sich entwickelnden Natur über ein von aller Außenwelt abgeschlossenes und sich allen äußeren Einflüssen abschließendes Menschengeschlecht.



Digitized by Google



Die Veränderung der Erdoberfläche durch die heutige Tierwelt und den Menschen.

Von Dr. **P. Dahms** in Danzig.

(Schluß.)

Unter dem Einfluß von Wind und Wärme wird ein großer Teil der oberflächlichen Wasserschichten in lebhafte Bewegung versetzt, die sich als Wellenschlag und Strömung bemerkbar macht. Wo die Wogen mit ihrer gewaltigen lebendigen Kraft auf widerstehende feste Gegenstände stoßen, entsteht die Brandung. Hier zerschellen die Wasserberge, und hier wird so viel Energie frei, daß sogar die Kiesel des Strandes sich durch Druck und Reibung aneinander abhobeln. Gegen die gewaltigen, hier freiwerdenden Kräfte können sich in dieser Brandungs- oder Litoralzone nur solche Geschöpfe behaupten, die in irgendeiner Weise vor Beschädigung und Vernichtung gesichert sind: Einige wachsen, wie eben geschildert wurde, auf der Unterlage fest oder saugen sich doch zeitweise an (Napf- und Käferschnecken, Seesterne, Tintenfische), andere besitzen eine kräftige Panzerung, wie manche Seeigel, Schnecken, Muscheln und Krebse; ein letzter Teil schließlich versucht, sich dem bewegten Wasser nach Möglichkeit dadurch zu entziehen, daß er sich in den Boden oder in Höhlungen des Felsens flüchtet. Sandwürmer, Klaffmuscheln, u. a. graben sich tief in den Meeresgrund ein, während Bohrwürmer, Bohrmuscheln und manche Seeigel sich sogar einen Schlupfwinkel im Pfahlwerk und im festen Gestein herzurichten verstehen. Diese letzte Gruppe ist es nun, die wegen ihrer Zerstörung des felsigen Untergrundes unser Interesse besonders in Anspruch nimmt.

Wie das stark widerstandsfähige Gestein von den Tieren bewältigt wird, ist eine noch offene Frage. Früher wurde viel darüber gestritten, ob die mechanische Gewalt allein die Arbeit verrichte, oder ob eine chemisch wirksame, lösende, etwa saure Flüssigkeit dabei mithelfe. Man neigt heute der Ansicht zu, daß die Einwirkung wesentlich mechanischer Natur ist. Als Grund gegen die Verwendung ätzender Säuren führt man

Digitized by Google

an, daß das frei zur Bohrstelle hinzutretende Meereswasser jedes Auflösungsmittel bis zur Unwirksamkeit verdünnen müsse, daß dieselbe Muschelart sich in die verschiedenartigsten Stoffe hineinzubohren vermag, z. B. in Kalkstein, Gneis, Holz und Wachs[1]), und daß Bohrgänge, welche sich kreuzen, scharfe, nicht abgerundete Kanten miteinander bilden. Dagegen sind mikroskopisch kleine Kieselteilchen im Fuße entdeckt, welche bei Bohrarbeiten zur Verwendung kommen könnten.

Das von verschiedenen Tieren der Litoralfauna oberflächlich durchlöcherte Gestein wird der Einwirkung des Meeres weniger Widerstand entgegensetzen können, wie unversehrtes. Die so stark vergrößerte Oberfläche und die Klüfte, welche der Witterungswechsel erzeugte, arbeiten mit dem Kohlendioxyd, von dem Tornöe in 1 l Meerwasser 48 ccm gelöst fand, und der zerstörenden Kraft des Wassers zusammen an der Abtragung der harten Gesteinsmasse.

Besonders zu erwähnen ist die unter der Kollektivbezeichnung Schiffsbohrwurm, Teredo navalis, berüchtigte Gruppe der Zweimuskler. Gab sie doch die Veranlassung zu dem bekannten Dammbruche in Holland am Anfange des 18. Jahrhunderts.

Der verhängnisvollen Bohrkraft der 8 bis 10 hierher zu rechnenden Tierarten, von denen nach Quatrefages die große Teredo falalis die meisten Zerstörungen an Hafen- und Dammbauten verschuldet hat, vermag keine Holzart zu widerstehen. Selbst das indische Teakholz (Tectonia grandis) und das noch härtere Sissu- oder Saulholz müssen den Angriffen nachgeben. Die Würmer vermehren sich häufig so sehr, daß das Innere eines äußerlich ganz gesunden Holzstückes durch die Röhren fast vollständig zum Verschwinden gebracht wird. In Holland werden verschiedene Jahre genannt, in denen die schädliche Wirkung besonders zum Ausdruck kam; man findet die Jahre 1731, 1770, 1827, 1858 und 1859 angegeben. Diese waren regenarm, und bei dem besonders tiefen Stand der süßen Gewässer des Landes drang die Flut landwärts vor, brachte die Brut mit und breitete sie aus. Dadurch wurden die Rostbalken der Häuser zerstört, so daß sie zusammensanken, und mehrere Städte dem Untergange nahe waren. Auch heute noch kann man in Leyden, Amsterdam und an anderen Orten Hollands schiefstehende Häuser antreffen, die von dem geheimen Wirken der Pfahlmuschel berichten.

Scherentragende Krebse beteiligen sich ebenfalls an dem Aufbau der Erdoberfläche. Sie zerkleinern die Gehäuse von abgestorbenen Seeigeln und Schnecken, sowie die Schalen von Krebsen, Muscheln, Schlangen-

[1]) Martens, Ed. von: Die Weich- und Schaltiere. Leipzig und Prag, Freytag und Tempsky. 1883; S. 214, 215.

Digitized by Google

und Seesternen, um das weiche Innere zur Nahrung zu erhalten. Bei ihrer Arbeit entsteht das scharfeckige Material der Schalenbreccien und Muschelsande, die den Meeresboden auf weite Strecken hin bedecken.

Während die Regenwürmer meist in fetten, tonigen und humusreichen Böden leben, findet in trockenen, sandigen und humusfreien eine ähnliche Sonderung in der Weise statt, daß die gröberen Bestandteile in die Tiefe versenkt, die feineren dagegen nach der Oberfläche hin befördert werden. K. Keilhack traf diese auffällige Erscheinung zuerst im Sommer 1899 in einem Heidegebiete der Provinz Brandenburg, in der südlichen Neumark bei Reppen. Hier findet man einen grandigen sog. Geschiebesand, der aus einem innigen Gemenge von Sand, kiesigen Bestandteilen und Geschieben bis zu Kopfgröße besteht. Da die Oberfläche dieses Bodens dicht mit den groben Beimengungen bedeckt ist, zeigt er sich für den Ackerbau wenig günstig. Teilweise steht gut gepflegter Wald auf diesen Flächen, und die dichte Moosdecke verhindert dann die Beobachtung der Zusammensetzung des Waldbodens. Wo aber weder Forstwirtschaft noch Ackerbau eingesetzt haben, bildet die gemeine Heide (Calluna vulgaris) neben vereinzelten Kiefern und Birken den Hauptvertreter der Vegetation. Hier ist die Bodenoberfläche von kiesigen Beimengungen und Steinen fast frei und besteht aus gleichkörnigem, feinem Sande, während mit der Grenze des Heidebodens gegen das Ackerland auch die des Sandbodens gegen den Kies- und Steinboden zusammenfällt. Wir haben es hier also nicht mit einem ursprünglichen Unterschiede des abgelagerten Gesteins, sondern mit einer nachträglichen Umwandlung des Bodens zu tun, die durch die verschiedenen Kulturformen bedingt ist.

Wenn man nun die oberen Schichten des Heidebodens untersucht, so findet man, daß die oberste von Kies und Steinen frei ist und etwa 1 Fuß Stärke besitzt. Darunter folgt dann eine Art von kiesigem Steinbett; in ihm scheinen die groben Bestandteile des oberen Teils auf eine dünne Lage zusammengedrängt. Darunter tritt dann wieder der gewöhnliche Geschiebesand auf. — Im nordwestlichen Deutschland wurden ähnliche Erscheinungen beobachtet. Zahlreiche Dreikanter oder Kantengeschiebe der Gesteinssohle weisen darauf hin, daß auch hier eine spätere Umgestaltung stattgefunden hat. Die zahlreichen Insekten und ihre Jugendzustände haben durch zahllose Generationen hindurch in jahrhundertelanger Arbeit dieses Werk ausgeführt. Sie legen unterirdische Wohnröhren an und schaffen den Sand an die Oberfläche, wie die Larven der Laufkäfer-Gattung Cicindela, welche an der Mündung ihres Baues auf Beute lauern und sich am Grunde im Monate August zum Puppenleben einspinnen. Ähnliche interessante Bauten legt die

Digitized by Google

Grabwespe (Ammophila sabulosa) an; auch Roßkäfer, Rasenameise (Tetramorium caespitum), Grillen und viele andere Kerfe sind in gleicher Weise tätig.

Alle diese kleinen Geschöpfe können nur das feinkörnige Gesteinsmaterial nach oben schaffen. Zwischen den Steinen wird der Sand viele Hunderte von Jahren hindurch an die Oberfläche gebracht, dort durch Regen und Wind ausgebreitet und wieder eingeebnet. Dadurch ergibt sich die Bildung einer rein sandigen Oberflächenschicht auf einer steinreichen Unterlage. Eine solche Sonderung zeigt sich natürlich nur dort, wo der Mensch mit seiner Pflugschar die Insekten nicht in ihrer Arbeit stört. Wird der Heideboden von Zeit zu Zeit umgearbeitet, so werden Bodenkrume und Untergrund wieder innig vermengt; hat die feine Bodendecke aber bereits die Stärke von 1 Fuß und mehr, so erreicht der flachgehende Pflug des Heidebauern die Steinschicht nicht mehr, und die stille und langsam wirkende Tätigkeit der Insekten hat dann zu einem wichtigen, landwirtschaftlichen Ziele geführt.

Eine ausgedehnte Tätigkeit der Insektenwelt schildert uns auch Passarge[1]) aus der mittleren Kalahari: Hier wohnen im Flußsande Ameisen und Termiten, die den Boden durchwühlen und die ganze Masse kräftig durchlüften. Dadurch kommt es zu einer Oxydation der Eisenverbindungen, und die Sande färben sich rot. Werden diese dann in Gegenwart organischer Stoffe durchfeuchtet, so werden sie wieder weiß. Auch auf die Sandsteppe erstreckt sich die Tätigkeit dieser Insekten. Der Boden wird hier ebenfalls durchlüftet, und das ist von großer Bedeutung für die Vegetation, welche zum sehr großen Teile aus Leguminosen besteht, die ja mit Stickstoffbakterien in Symbiose leben. — Wo der Sand nur wenig tief ist, etwa 1 bis 2 m, erzeugen Ameisen und Termiten den sog. Decksand, in welchem den Sandkörnern kleine Bruchstücke und Verwitterungsprodukte des liegenden Gesteins beigemengt sind. Da die Tiere ihre Nester besonders gern zwischen den Spalten von Gestein anlegen, räumen sie diese aus und schaffen die kleinen Gesteinsbrocken hinauf. Die letzteren sinken allmählich wieder herab, wenn mehr Sande auf sie gehäuft werden. Dieser Decksand hat eine große Verbreitung, er überzieht alle Gesteinsfelder. Die Sandhaut, die zwischen Grasbüscheln, Bäumen und Sträuchern den Boden bildet und ziemlich 0,5 bis 1 cm hoch die graue Vegetation überdeckt, bietet ein gewisses Maß für die Wirksamkeit der Tiere. Sie entstand durch Verwehen und Verwaschen der Sandhäufchen, welche diese an der Oberfläche auswarfen,

[1]) Passarge, S.: Aus dem Tierleben in der mittleren Kalahari. Naturw. Wochenschrift. N. F. Bd. 4, Nr. 22, 28. Mai 1905, S. 337 bis 346. — Vergleiche S. 345.

Digitized by Google

wobei die humosen Stoffe ausgeblasen wurden. Die bei der Berechnung gewonnenen Zahlen sind ganz gewaltig groß; aus der Sandhaut der gesamten Kalahari — so lautet das Resultat — könnte man einen Bahndamm von 2 m Höhe und 4 m Breite aufschütten, der „mehr als 23 mal im Äquator um die Erde laufen könnte".

Noch in anderer Weise wirken die Termiten umgestaltend auf die Erdoberfläche ein. Sie setzen ganze Gegenden in Angst und Schrecken und vertreiben sogar die Menschen aus ihren Wohnsitzen, indem sie Gebäude, Geräte und Gewächse schnell zerstören. Leider besitzt man kein erfolgreiches Mittel, um sich gegen die verderblichen Angriffe zu schützen. Für die Bewohner der heißen Zone ist das Tier eine Geißel, doch wurde Termes lucifugus auch in das südwestliche Frankreich aus Südeuropa verschleppt und drang in das Gebiet der Städte Bordeaux und La Rochelle ein; in letzterer zerstörte es die Pfähle, auf denen die Häuser ruhen, und vernichtete so ganze Etablissements.

Ablagerungen von großem Werte entstehen aus den Abfällen der Säugetiere und Vögel. Diese haben vielfach auf das Gestein in ihrer Nachbarschaft eingewirkt und dadurch Veranlassung zur Bildung wichtiger, chemischer Stoffe gegeben. Eine derartige Bildung stellen die ausgedehnten Salpeterlager in den Doornbergen bei Prieska (Südafrika) und in den Asbestbergen auf der anderen Seite des Orangeflusses dar. Diese Erhebungen bilden eine Reihe niedriger Hügel. Die zahlreichen Täler und Schluchten, die sie durchziehen, sind auf beiden Seiten von senkrechten und überhängenden Klippen eingefaßt, die 30 und mehr Meter hoch sind. An ihrem Fuß und in den Höhlen findet sich nun der Salpeter. Er erfüllt die Spalten des blättrigen Gesteins und überzieht die Oberflächen als fein kristallinischer Kalisalpeter. Der Boden und die Trümmer des Gesteins enthalten verschieden viel von ihm. Oft bildet er mehr oder weniger reine Klumpen oder klebt Gesteinsstücke zu Blöcken zusammen. An der Basis der Klippe findet sich stets das reinste Material, vorzugsweise dort, wo der Felsen feinblätterig ist und Regen durch überhängende Gesteinsmassen abgehalten wird. R. Marloth, der mit der Untersuchung dieser Ablagerungen beauftragt war, fand die Quelle der Nitrate in den Abfällen und Resten von Tieren, vorzugsweise in den Fäces des Kapischen Klippdachses (Hyrax capensis). Aus den sich zersetzenden Resten entstand zuerst Ammoniak, der mit Unterstützung eines Mikroorganismus, der Nitromonas, in Salpeter übergeführt wurde. Der notwendige Gehalt an Kalium rührt teils aus dem Gesteine, teils aus den Fäces selbst her.

Salpetererden in den Tropen Südamerikas entstammen ebenfalls tierischem Kote. Dieser wird von Vögeln und Fledermäusen geliefert,

Digitized by Google

welche die ungeheuren Höhlen der Kordilleren bevölkern. Aber auch Höhlen, die nicht von geflügelten und Flattertieren bewohnt sind, enthalten trotzdem oft mächtige Haufen stark salpeteriger Erde. In ihrer ganzen Masse waren reichlich Knochen von Säugetieren eingestreut. Diese Gebilde waren aber nach den Untersuchungen von A. Müntz und V. Marcano überaus brüchig und zerfielen unter dem Druck der Finger zu Staub; ihre Bestimmung war deshalb auch sehr schwierig. Sie bestanden nur noch aus Kalziumphosphat; das Karbonat war vollständig ausgelaugt. Die Tiere, welche mit dem Stickstoffgehalt ihrer Körper den Anstoß zur Bildung des Salpeters gaben, sind längst ausgestorben. Das Kalziumkarbonat wurde Veranlassung zur Bildung von Kalziumnitrat. Solche Knochenhöhlen, die ganz gefüllt sind, kommen in Venezuela sehr häufig vor. Die Mächtigkeit der Schichten ist sehr groß; sie erreicht und übersteigt sogar 10 m.

Ungeheure Lager von Guano und Abfällen bilden sich besonders in solchen Höhlen, die gleichzeitig von Vögeln (Salanganen) und Fledermäusen bewohnt werden. Gelegentlich kommt sogar der Fall vor, daß der verhältnismäßig kleine Raum während des Tages den Fledermäusen als Schlafstellen dient, die zur Abendzeit aber an die von ihrem Fluge heimkehrenden Vögel abgegeben werden.

Höhlen, in denen Salpeter entsteht, heißen „Salpeterhöhlen". Solche finden sich auch auf Ceylon, in Nordamerika im Staate Kentucky und ferner in Italien und Frankreich. Hier liegen sie im Kreidegebirge an den Südabhängen des Seinetales bei Roche Guyon und Musseau und dienen teilweise als Stallungen für das Vieh. Derartige Salpeterbildungen treten in allen warmen Ländern auf. Sie zeigen sich dort, wo in der Nähe der Dörfer und Höfe eine reichliche Ablagerung von Dung und Jauche der Haustiere stattfindet, besonders in deren Ställen, oder dort, wo Abfälle von Schlächtereien, Gerbereien und gleichzeitig alkalische Erden oder Alkalien vorhanden sind.

Wo Guano auf Basalt liegt, findet sich in diesem nach Selwin und Ulrich auch Vivianit; ähnlich ist der Kalkstein von der Antillen-Insel Sombrero durch den auf ihm ruhenden Vogelmist in Sombrerit umgewandelt und enthält nunmehr 75 bis 90% Kalziumphosphat. — Die Phosphorsäure stammt aus den tierischen Resten; zuerst bildete sie mit dem Eisengehalt der Gesteine Ferrophosphat, welches dann an der Luft in die entsprechende Oxydverbindung überging und sich blau färbte. Auch heute noch gehen ähnliche Bildungen vor sich. Es sei nur daran erinnert, daß dieses Mineral sich vor Jahren in den Knochen eines Bergmanns, der in einer oberschlesischen Grube verunglückt war, nachweisen ließ; in ähnlicher Weise tritt es in den Gebeinen fossiler Wirbel-

Digitized by Google

tiere und als Ausfüllung von Petrefakten auf, so — wie E. Huth angibt — in den Mullica-Hills bei New-Jersey und bei Kertsch in der Krim.

Wie die Knochen beim Ruhen in der Erde ihre Zusammensetzung verändern, hat van Bemmelen[1]) in einer interessanten Arbeit nachgewiesen. Eine Reihe von Analysen an Material älteren und ältesten wie jüngsten Datums ergab, daß sie viel mehr Kalziumphosphat und Kalziumkarbonat als frische enthalten. Eine besonders starke Zunahme zeigt das Karbonat, das oft die Menge, die in rezenten Knochen vorhanden ist, um ein bedeutendes Vielfache übertrifft. Die organische Substanz ist bis auf einen humosen Rest (résidu humique) von fast 2 bis 2,5 % verschwunden; Kanäle und Höhlungen enthalten kristallines Kalziumkarbonat. Für die verschwundene organische Substanz ist Kalk und das Phosphat eingetreten; gleichzeitig ist eine nicht unwesentliche Menge von Fluorkalzium — im Durchschnitt ungefähr $1^1/_2$ % — neu hinzugekommen.

Das Menschengeschlecht selbst hat durch seine Überreste, trotzdem sie ja in so reicher Zahl entstanden, wenig zu der Veränderung der Erdoberfläche beigetragen. Falls die Aufbewahrung der Leichen nicht in besonderen Totenstädten veranlaßt wurde, sind die Spuren alter Geschlechter ebenso verwischt, wie die von Völkerschlachten und gewaltigen Kriegen. Selbst von vielen Tausenden, die ihr Leben ließen, wie z. B. in der Schlacht auf den Katalaunischen Feldern, und dem natürlichen Zersetzungsprozess, oberflächlich eingescharrt oder an der freien Luft, anheimfielen, sind nach kurzer Zeit keine Reste mehr übriggeblieben. Dasselbe gilt von den Folgen des Dreißigjährigen Krieges. Nur Ruinen von Burgen und verfallenes Gemäuer einst blühender Ortschaften und Dörfer erinnern noch heute an jenen furchtbaren Krieg, der vor wenigen Jahrhunderten in Deutschland wütete.

In vielen Fällen brachten Schleppnetzzüge aus den Tiefen der Ozeane reichlich Zähne von Haifischen und die Gehörknochen von Walen empor. Es sind das Hartgebilde des tierischen Körpers, die eine dichtere Struktur und dadurch eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen die lösende Kraft des Wassers in tieferen Meereschichten besitzen, als z. B. das Knochengerüst der Fische. Bei einem Zuge wurden sogar Zähne von solchen Haifisch-Arten an die Oberfläche gebracht, die heute nicht mehr leben.

---

[1]) Bemmelen, J. M. van: Sur le phénomène de l'absorption, en particulier l'accumulation de fluorure de calcium, de chaux et de phosphates dans les os fossiles (4 fig.). Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles, publ. par la soc. Hollandaise des sciences à Harlem. La Haye 1900. Séc. 2, t. 3, 3e et 4e livr. — S. 136 bis 172.

Digitized by Google

An der Veränderung der Erdoberfläche durch eine eigenartige Wühlarbeit zeichnen sich verschiedene Tiere aus. Eine nicht unerhebliche Tätigkeit entfalten die Kaninchen (Lepus cuniculus) besonders dort, wo sie, wie in Portugal, in großen Mengen vorkommen. Bereits in der Gefangenschaft vermögen sie durch das Unterwühlen von Ställen ihre Leistungsfähigkeit zu beweisen; gefährlich werden sie in Freiheit, wo sie sich in Dämmen festsetzen und durch die Anlage von Röhren die Veranlassung zu Dammbrüchen werden. In ähnlicher Weise macht sich auch die Wasseratte (Arvicola amphibius) und eine Reihe anderer kleiner Nager bemerkbar, die derartige Bauten durchwühlen und dadurch viel Unglück veranlassen können. Hamster und Maulwurf sind ebenfalls Erdarbeiter, doch bewirken sie keine nennenswerte Veränderung der Erdoberfläche. Anders steht es mit zwei weiteren Säugetieren, die anderen Erdteilen angehören.

In den vertieften fruchtbaren Wiesen Nordamerikas ist das Land in verschiedenen Gegenden mit einer großen Menge von Erdhügeln bedeckt. Diese verraten die Aus- und Eingänge der unterirdischen Wohnungen von Präriehunden (Cynomys ludoviciacus). Sie gehen bis 2 m abwärts und sind meist 5 bis 7 m voneinander entfernt; die vor jedem Eingange aufgehäufte Erdmasse soll eine ganze Wagenladung betragen. Diese Baue durchziehen aber den Boden derart, daß es gefährlich wird, darüber hinzufahren oder zu reiten, da die Erde unter dem Rade oder Hufe nachgibt. — Die Baue des Kapischen Erdferkels (Orycteropus capensis) sind im Verhältnis zu dem, im ganzen etwa 2 m langen, Tiere nur seicht, sie liegen nur in ganz geringer Entfernung unter der Oberfläche. Dabei sind sie aber tief und groß genug, um selbst für Pferde Fallgruben bilden und dadurch schwere Beschädigungen veranlassen zu können.

Ähnliche Gefahren für Roß und Wagen entstehen dort, wo am Ufer der Biber (Castor fiber) seine sog. „Gruben" anlegt. Wo das Tier noch in größerer Zahl, unbeeinträchtigt durch den Menschen, seinen Geschäften nachgehen kann, vermag es der ganzen Landschaft ein ganz eigenartiges Gepräge zu verleihen. Mit Dickicht oder Bäumen bewachsene Täler verwandeln sich bei seiner Tätigkeit in Teiche, wenn er seine Dämme anlegt. Werden diese später ein- oder nach dem Verschwinden der Tiere in dieser Gegend von den Frühlingsfluten fortgerissen, so läuft das gestaute Wasser ab, es entstehen große Flächen, welche sich mit Riedgräsern bedecken. Diese Pflanzendecke macht später Wiesen mit Süßgräsern Platz, die von Hirschen aufgesucht werden. — Im moorigen Gelände prägt sich der „Wechsel" des Tieres dem Boden mehr und mehr ein, füllt sich mit Wasser und drainiert das Land. Finden später lokale

Digitized by Google

Hebungen in diesem Gebiete statt, so können sich die „Biberkanäle“ sogar zu kleinen Wasserläufen umbilden.[1])

Auch die großen Vertreter der Säugetiere sind in vieler Hinsicht für die Oberflächengestaltung von einer gewissen entscheidenden Bedeutung gewesen. S. Passarge versucht, uns ein Bild zu geben, wie in der mittleren Kalahari die sog. Vleys entstanden; es sind das allseitig geschlossene, rundliche Pfannen, die in den Sand eingesenkt sind. Heute, wo die Tierwelt dieses Gebietes durch den jagenden Menschen eine starke Verminderung erfahren hat, scheint ihre Entstehung nicht ohne weiteres erklärt werden zu können. Berücksichtigt man aber die Tätigkeit der großen Säuger früherer Zeit, so kommt man bald zu einem befriedigenden Ergebnis. Wir haben es mit Suhlen zu tun, in denen manche Tiere, Elefanten, Nashörner, Büffel und Wildschweine, an der Tränke ein Bad nahmen. Wenn das Wasser verdunstet, wühlen die Tiere, so gut es geht, den Boden auf, um auf feuchtere Schichten zu stoßen. In diesen ursprünglich flachen Einsenkungen blieb das Regenwasser stehen, und aus ihnen entstanden dann unter dem Einfluß der Tiere, die zur Tränke wanderten, tiefe Löcher, die der spülende Regen in die rundlichen und flachen Pfannen verwandelte. — Die „Pfannenkrater“ jener Gegend verdanken ihre Entstehung ähnlichen Umständen. Sie sind ehemalige Brackwasserseen, welche Kalkschlamm absetzten und austrockneten; Tiere, die sie aufsuchten, durchwühlten ihren Grund. Dann erhärtete der Kalkschlamm oberflächlich, und es entstand eine harte Kruste über der noch weichen Tuffmasse, wobei scharfe und steile Wände entstanden. Dort, wo die Tiere hinabstiegen, wurde der Rand niedergetreten und eine flache von Kalkgeröll bedeckte Böschung angelegt. — In dem trocken gelegten Sumpflande, zwischen Sumpf und Steppe, liegt über hellem Flußsand eine Schlammschicht, die getrocknet eine dunkele, staubige Masse darstellt. Tiere und Weide tragen sie schnell ab; hat sie eine größere Mächtigkeit — und sie vermag 20 m hoch zu werden — so kann auf diese Weise die Bildung von Becken und Kesseln veranlaßt werden. Ist die Schlammbildung weniger bedeutend, so arbeiten Erdeichhörnchen und Mäuse den untenliegenden Sand mit der darauf ruhenden, etwa $^1/_2$ bis 1 m hohen Staubmasse zu einem humusreichen Sand zusammen. Siedeln sich in ihm Ameisen und Termiten an, so veranlassen sie durch ihre Tätigkeit mit Hilfe des

[1]) Credner, Hermann: Die Beeinflussung des topographischen Charakters gewisser Landstriche Nord-Amerikas durch den Biber. A. Petermanns Mitt. Bd. 15, 1869, S. 119 bis 142. — Dahms, Paul: Über den Biber und seine Kunstfertigkeiten in Sage und Wirklichkeit. Mit 1 Abb. 29. Ber. des Westpr. Bot.-Zool. Vereins. Danzig 1907. S. 88 bis 106.

Digitized by Google

Windes die Entstehung der grauen Vleysande, die den Übergang vom Sumpfgebiete in die Sandsteppe bilden.

Diese Verhältnisse, wie sie für die Kalahari gelten, sind auch in anderer Hinsicht interessant, und man kommt unwillkürlich dazu, die Frage aufzuwerfen, ob nicht unter dem Einfluß der diluvialen Tierwelt Norddeutschlands, in ähnlicher Weise wie die Vleys, die sog. „Sölle" entstanden sein können. Es sind das kleine, flache Teiche, die in manchen Gegenden in großer Zahl auftreten und meist ebenfalls kreisrund sind. — Der Gedanke an die Möglichkeit einer entsprechenden Bildungsweise ist nicht ohne weiteres abzuweisen, zumal wenn bei der verschiedenartig angegebenen Bildungsweise von Wasseransammlungen die Rede ist, bei denen Ausschlämmungs- und Auflösungserscheinungen vielfach eine Rolle spielen. Hier hätten wir mithin die Becken, die Tieren als Tränke und Suhlstätte dienten. Wie Bellmer zeigt, ist eine einheitliche Erklärung für ihre Erstehungsweise bis heute noch nicht bekannt.[1])

Geringer als die Bedeutung der Säugetiere ist die der Vögel in geologischer Hinsicht. Erwähnenswert dürfte nur die Anlage von Wohnungsplätzen seitens der Uferschwalbe (Hirundo riparia) sein. Um nicht von Wasserratten, Wieseln und ähnlichen Verfolgern belästigt zu werden, nistet sie immer in bedeutender Höhe über der Basis des Abhanges oder der Klippenwand und einige Fuß unter dem oberen Höhenrande. Bei der Festigkeit des Materials, der Enge der Röhren und deren Entfernung von der Oberfläche, vermögen sie keinen Schaden in irgend welcher Weise zu veranlassen.

Recht bedeutende Umwälzungen in jeder Beziehung bringt dagegen der Mensch hervor. Er staut ähnlich, wie man es vom Biber kennt, Wasserläufe auf, steigt in die Erde, um ihre Schätze zu gewinnen, und bringt dabei eine große Menge Gangart und tauben Gesteins empor, die wie riesige Maulwurfshügel aufgetürmt werden. Er trägt zum Zweck seiner baulichen Anlagen Berge ab, füllt Täler aus, schließt Wasserläufe, legt an anderen Stellen Verbindungen von Gewässern und mittels gewaltiger Brücken solche von teilweise recht weit auseinanderliegenden Teilen des festen Landes an.

Bei der Erzeugung dieser anthropogenen oder industriellen Bildungen erreicht der Mensch auch unbeabsichtigt gelegentlich recht bemerkenswerte Ergebnisse. Bei seinen Wühlarbeiten stößt er auf stark wasser-

[1]) Bellmer, A.: Untersuchungen an Seen und Söllen Neuvorpommerns und Rügens. 10. Jahresber. d. Geograph. Ges. zu Greifswald 1905—1906. Greifswald 1907. S. 463 bis 501. (III. Die Frage nach der Entstehung der Sölle. S. 495 bis 501).

Digitized by Google

führende Schichten oder sog. „Wasserkissen"[1]) und erhält dann Wasser, das er vielleicht gerade sehnsüchtig sucht, in einer solchen Menge, daß er seiner kaum Herr zu werden vermag. So kam z. B. vor einer Reihe von Jahren jene unheilbringende Katastrophe in Schneidemühl zustande, wo das entfesselte Element sich in seiner ganzen Gewalt zeigte und gleichzeitig die Oberflächengestaltung eine derartige Abänderung erfuhr, daß verschiedene Häuser einstürzten und eine große Anzahl anderer mit einem gleichen Geschicke bedroht wurde. — Auch das Ab- und Versinken von Dammbauten nach verhältnismäßig geringfügiger Veranlassung ist auf derartige Bodenverhältnisse zurückzuführen.

Einen eigenartigen Fall, bei dem durch die Anlagen des Menschen schwefelsäurehaltige, heiße Quellen entstanden, schildert Dr. Wagner in Bad Salzbrunn. Im Mittelpunkte des niederschlesischen Kohlengebietes, am Fuße des etwa 635 m hohen Kolbeberges, liegt der Ort Dittersbach. Auf der Nordseite des Hügels entspringen Quellen, die durch Röhren und auf eigenen Bahnen durch einen Bahndamm fließen und einige tiefer gelegene Teiche mit Wasser versorgen. Vor einigen Jahren wurden die Bahnhofsanlagen erweitert und der Damm bedeutend vergrößert; dabei kamen gewaltige Mengen Haldenmaterial aus den nahen Bergwerken zur Verwendung. Mit der Ausführung und Vollendung des Werkes wurde nun das Wasser in den Teichen schlechter, die Krebse und Fische in ihm erkrankten und gingen schließlich ein. Schöpfproben ließen freilich als gutes Teichwasser bezeichnen, aber die chemische Untersuchung ergab sauren Charakter und einen Gehalt von über 0,25 g jedenfalls ungebundener Schwefelsäure im Liter. Bei weiteren Nachforschungen stellte es sich heraus, daß das zufließende Bachwasser neben verschiedenen anderen chemischen Verbindungen auch diese herbeiführte. Die Quellen, die am Fuße des Bahndammes entsprangen, hatten neben einem eigentümlichen Duft eine Temperatur von 50—60° C und enthielten im Liter durchschnittlich etwa 2,5 g Schwefelsäure, die zum großen Teil frei war.

Das die Kohlenflötze begleitende Gestein (sog. Kohlensandstein, Schieferton, Konglomerate) enthält dünne Blätter von Steinkohle vielfach eingesprengt, und diese haben die höchst unangenehme Eigenschaft, sich zuweilen von selbst zu entzünden. Schwefelkiese, die das Gestein häufig enthält, geben wohl die Veranlassung dazu. — Es ließ sich nun nachweisen, daß das beim Bau verwendete Haldenmaterial sich ent-

[1]) Ochsenius, C.: „Wasserkissen" als Ursache plötzlicher Bodensenkungen in der Mark Brandenburg. Mit 1 Kartenskizze und 3 Abb. im Text. Helios, Org. d. Naturw. Vereins des Reg.-Bez. Frankfurt zu Frankfurt a. d. Oder. Bd. 20, Berlin 1903, S. 81—93.

Digitized by Google

zündet hatte und in ein langsames Glimmen geraten war, ohne daß man etwas Derartiges von außen wahrnehmen konnte. Bei diesem Vorgange wurde der Schwefelkies „geröstet", wobei der erforderliche Sauerstoff teils im Wasser gelöst, teils von der Luft, welche die poröse Halde durchdrang, herbeigeführt wurde. Die hierbei entstehende Schwefelsäure löste sich nun in dem durchrieselnden Wasser und verlieh ihm die Eigenschaften, welche den Bewohnern der Teiche so verderblich werden sollten.

Auch an der Entstehung von oberflächlichen Schichten ist der Mensch nicht unbeteiligt! Wie auch heute noch von den Anwohnern von Gewässern unbrauchbar gewordener Hausrat und Abfälle der verschiedensten Art durch einfaches Fortwerfen bequem beiseite geschafft werden, so verfuhren unsere Vorfahren zur jüngeren Steinzeit. Ihre Küchenreste oder Kjökkenmöddinger, wie man sie an der dänischen Ostseeküste nennt, haben bei 1—3 m Höhe und von 100—300 m Länge eine Breite von 50—150 m. Sie enthalten Kohle und Asche, Topfscherben und Werkzeuge aus Feuerstein, Knochen und Hirschhorn. Der Hauptsache nach bestehen sie aus Knochen erlegter Jagdtiere, die man zur Gewinnung des eingeschlossenen Markes der Länge nach gespalten hatte, aus Gräten und Schuppen verzehrter Fische, insbesondere aber aus Millionen von Schalen eßbarer Muscheln. Ähnliche Muschelhaufen, die an vielen Orten vom Meeresstrande fortgespült sind, finden sich auch an den Küsten von Frankreich und Portugal, Irland und Sardinien, dann in Florida und Japan, in Chile und an den Seeufern Massachusetts und Georgias in Nordamerika. Auch in Westpreußen fehlen solche Kjökkenmöddinger nicht; sie wurden am Gestade der Putziger Wiek und des Frischen Haffs nachgewiesen. Die reinlicheren Ansiedelungen auf Pfahlrosten über dem Wasser seichter Seestellen, die demselben Zeitalter entstammen, z. B. die Pfahlbauten in den Torfseen der Schweiz und Mecklenburgs, haben uns ähnliche Kulturschichten hinterlassen.

Die historischen Denkmäler werden in einer besonderen Wissenschaft, der Archäologie, behandelt. — Hier sei nur noch auf die verderbenbringenden Wirkungen hingewiesen, die der Mensch auf die Tier- und Pflanzenwelt ausübt. In früheren Epochen, wie z. B. in der Diluvialzeit, gingen Tierarten aus uns kaum oder gar nicht bekannten Gründen ein. Ähnliches vollzieht sich noch heute durch die Einwirkung des Menschen. Geschöpfe, welche nur in geringem Maße widerstandsfähig sind, die dem Herrn der Schöpfung irgendwie zu schaden oder nutzen vermögen, sind besonders gefährdet. Können sie den Beeinträchtigungen und Verfolgungen sich nicht durch die Flucht entziehen und vermehren sie sich außerdem nur schwach, so ist ihr Schicksal bald besiegelt. Die

Digitized by Google

schwerfälligen Vögel auf Isle de France, die Dronten oder Dodos, der Moa auf Neuseeland, die bereits ausgestorbenen Riesenvögel auf Madagaskar, die ausgerotteten Raubtiere, Wild, das im Besitze eines wertvollen Pelzwerkes ist, beweisen diese Tatsache zur Genüge. Als geschickter Diplomat versteht es der Mensch auch, Geschöpfe — besonders aus der Insektenwelt — aufeinander zu hetzen, so daß die ihm schädlichen durch andere, ihm mehr gleichgültig gegenüberstehende in fortwährendem Kampfe niedergehalten werden.

Stellers Borkentier wurde am Ende des achtzehnten Jahrhunderts, obgleich es erst seit etwa 50 Jahren entdeckt war, ausgerottet. Die zahllosen Büffelherden, die einst die Prärien Nordamerikas durchzogen, sind bis auf wenige Hunderte zusammengeschmolzen, und ihre Trümmer haben in dem „National Park" Aufnahme und Schutz gefunden. Die Antilopenherden Südafrikas schwinden mehr und mehr dahin und werden nach dem Verlauf einer gewissen Zeit sicherlich das Schicksal des Quaggas teilen, das bereits 1870 im Kaplande und etwa 10 Jahre später auch im Orangefreistaat und damit vollständig ausgerottet war. Elefant und Flußpferd sind bereits stark in ihrer Anzahl dezimiert, und für sie, wie für die riesigen Wale Norwegens ist durch Einführung von Jagdkarte und Schonzeit ein gewisser Schutz vor gänzlicher Vernichtung notwendig geworden.

Der Pflanzenwelt geht es nicht viel besser. Viele liebliche Gewächse gehen dem Untergange entgegen, vor allem solche, die als Andenken von Reisenden gepflückt und fortgenommen werden. Das kleine „Habmichlieb" (Primula minima) des Riesengebirges und das begehrte Edelweiß (Gnaphalium Leontopodium) gehören zu diesen Opfern. Auch Bäume, die langsam wachsen und ein festes, dauerhaftes Holz liefern, gehen dem Verderben entgegen, so z. B. die Eibe und der Mammutbaum (Sequoia gigantea).

Mit dem Wachsen und der Ausdehnung von Industrie, Kultur und ihren Segnungen sinken alle beeinträchtigten und entgegenstehenden Organismen dahin. Wie die Australneger, die schon lange von Vandiemensland verschwunden sind, zeigen, können selbst Rassen unseres Geschlechtes die europäische Kultur nicht ertragen und sind dem Untergange geweiht.

Digitized by Google



Über Selbstelektrisierung des menschlichen Körpers.

Vor nunmehr sechs Jahren hat sich Herr Adolf Heydweiller, derzeit in Münster in Westfalen, mit der Frage beschäftigt, ob der menschliche Körper ohne äußere Einwirkung, also aus sich selbst, eine elektrische Aufladung erfahren könne. Herr Heydweiller hat damals über die Ergebnisse seiner Versuche in den Annalen der Physik [(4) 8, 227 bis 229, 1902] etwa folgende Mitteilungen gemacht:

Die Nadel eines Quadrantenelektrometers wurde auf einige hundert Volt geladen, das eine Quadrantenpaar mit der Erde, das andere mit einer isolierten Metallplatte leitend verbunden. Die Versuchsperson brachte eine Hand in die Nähe der Platte, etwa 5 bis 10 cm von dieser entfernt, und bestieg, ohne die Lage der Hand zu verändern, einen Isolierschemel. Sogleich zeigte das Elektrometer einen auf negative Ladung der Hand deutenden starken Ausschlag, der nur langsam zurückging. Die Größe des Ausschlages und die Zeit, in der er zurückging, wechselten mit der Versuchsperson und deren Disposition, sowie mit den äußeren meteorologischen Verhältnissen. Vergleichsversuche, bei denen der isolierten Platte statt der Hand in gleicher Entfernung eine zweite Platte gegenübergestellt und diese bis zum Eintritt eines gleich großen Elektrometerausschlages aufgeladen wurde, ergaben, daß die Ladung der Hand mehrere hundert bis zu tausend Volt betragen hatte. Diese Aufladung der Hand erfolgte, wie Herr Heydweiller ausdrücklich bemerkt, auch bei unbekleidetem Körper. Diese Behauptung möge hier besonders betont werden, da sie, wie wir später sehen werden, von anderer Seite bestritten wird. — Herr Heydweiller untersuchte nun den Einfluß verschiedener Bewegungen und fand dabei, daß Kniebeuge auf dem Schemel positive, Strecken des Knies negative Elektrisierung der Hand bewirkte. Kontraktion des Oberarmmuskels ergab negative, Strecken positive Ladung der Hand. Diese Ladungen treten — allerdings schwächer und kürzer andauernd —

Digitized by Google

bei nicht isoliertem Körper auf. Wie Herr Heydweiller feststellt, stimmt die Art der Ladung in allen Fällen mit den nach E. du Bois-Reymond aus der Richtung der Muskelströme folgenden elektromotorischen Kräften überein. Um nun den Verbleib der entgegengesetzten Ladung — deren Abfließen bei den mit Isolierung der Versuchsperson unternommenen Experimenten ja ausgeschlossen erscheint — zu erforschen, stellte Herr Heydweiller die mit dem einen Quadrantenpaar verbundene isolierte Platte anderen Teilen des Körpers gegenüber und fand dabei, daß der Unterschenkel stets die entgegengesetzte Ladung zeigte wie die Hand. „Es folgt also das überraschende Ergebnis, daß auf verschiedenen Teilen des Körpers entgegengesetzte Ladungen von beträchtlicher Spannung längere Zeit nebeneinander bestehen können, im Widerspruch mit der üblichen Anschauung, die den menschlichen Körper den verhältnismäßig guten Leitern der Elektrizität zuzurechnen pflegt." In Anbetracht dessen, daß zur elektrischen Leitung die Haut an den Zuleitungsstellen gut durchfeuchtet sein muß, glaubt Herr Heydweiller, die Träger der beobachteten statischen Ladungen in Schichten der Epidermis von geringem Leitvermögen erblicken zu sollen.

Im Anschluß an diese Beobachtungen wurden Kontrollversuche über die du Bois-Reymondschen Muskelströme angestellt und die dabei auftretenden Elektrizitätsmengen der Größenordnung nach gemessen. Bei Kontraktion oder Dehnung des Arm- oder Beinmuskels wurden Elektrizitätsmengen von 2.10^{-8} bis 5.10^{-8} Coulomb erhalten. Bei den beobachteten Spannungen ergibt sich hieraus die Kapazität des Körpers zu etwa 5.10^{-11} Farad oder 45 cm in elektrostatischem Maße. — Nach diesen Versuchen ist mit jeder Bewegung eine elektrische Arbeitsleistung verbunden, die durch die entgegengesetzte Bewegung, gute Isolierung vorausgesetzt, zurückgewonnen werden kann. Diese elektrische Arbeitsleistung beträgt nach obigen Messungen im Höchstfalle $2,5.10^{-5}$ Joule oder 250 Erg, also etwa $^1/_4$ Zentimetergrammgewicht; sie ist somit gegenüber der mechanischen Arbeitsleistung bei der Bewegung nur verschwindend klein.

Soviel über die Heydweillerschen Versuche. Die hier aufgeworfene interessante Frage scheint auffallenderweise in den folgenden Jahren nicht wieder in Angriff genommen worden zu sein, bis sich jüngst zwei russische Forscher, die Herren S. Tereschin und A. Georgiewsky am Physikalischen Laboratorium der Kaiserlichen militärmedizinischen Akademie zu St. Petersburg, mit ihr beschäftigt haben. Diese Herren sind nun bei ihren Versuchen, über welche sie in der Physikalischen Zeitschrift [8, 569—572, 1907] eingehend berichten, zu Ergebnissen gelangt, die von denen des Herrn Heydweiller teilweise nicht unerheblich abweichen, wie wir alsbald sehen werden.

Digitized by Google

Die Versuchsanordnung der russischen Forscher deckte sich in ihren Grundzügen mit der Heydweillerschen. Als Stütze für die Hand wurde eine dickwandige, aufrecht stehende Glasröhre eingeführt, die mittels Paraffin auf der mit dem einen Quadrantenpaar verbundenen isolierten Metallplatte befestigt war. Die Entfernung zwischen Platte und Hand war dadurch stets die gleiche. — Bei einer anderen Versuchsreihe, die zur Feststellung des elektrischen Zustandes im oberen bzw. unteren Teile der auf dem Isolierschemel befindlichen Versuchsperson bei einer und derselben Bewegung dienen sollte, wurde ein Quadrantenpaar mit einem Drahtzylinder verbunden, der entweder auf die Schultern oder um die Beine der Versuchsperson gestellt wurde. Vor jeder einzelnen Beobachtung wurden Elektrometer und Körper geerdet.

Die ersten Versuche ergaben qualitativ durchaus die gleichen Ergebnisse wie die Heydweillerschen; indessen fanden die russischen Forscher nur Spannungen von 10 bis 15 Volt, also von weit geringerem Betrage, als sie der deutsche Gelehrte festgestellt hatte. Zu durchaus abweichenden Resultaten gelangten indessen die Herren Tereschin und Georgiewsky, als sie zu Versuchen mit unbekleideten Versuchspersonen übergingen. Die folgenden Mitteilungen schließen sich ziemlich eng an den Bericht der genannten Herren über Versuche an drei verschiedenen Personen an. Es wurde u. a. festgestellt:

„1. Die Elektrisierung des Körpers bei der Kniebeuge und beim Strecken der Knie ohne Kleidung ist gar nicht vorhanden oder nur sehr gering. Die Änderung des Potentials des Körpers beträgt nur wenige Volt.

2. In den Fällen, in welchen die Elektrisierung stattfindet, ist dieselbe in ein und demselben Teile des Körpers (ohne Kleidung) beim Biegen und resp. Strecken des Knies nach dem Zeichen verschieden.

3. Die Versuche ohne Kleidung zeigen keinen Unterschied in der Elektrisierung der Hand und des Schenkels bei ein und derselben Bewegung des Körpers.

4. Wie auf der Art die Ladung, so auch auf ihre absolute Größe hat das Material des Isolierschemels . . . einen zweifellosen Einfluß. Auf einem hölzernen Schemel ist die Elektrisierung der Hand beim Kniebeugen eine positive, — wenn aber die Versuchsperson auf Glas steht, eine negative. Im letzten Falle ist die absolute Größe der Ladung bedeutender, als im ersten. Wollenes Tuch, Seide, Paraffin, Ebonit und eine isolierte Metallplatte, als Decke für den Schemel benutzt, geben qualitativ dasselbe Resultat wie Holz.

5. Der Einfluß der Kleidung zeigt sich in folgendem: a) Wenn die Kleidung . . . nur aus Baumwolle (Wäsche) oder nur aus Wolle . . .

Digitized by Google

besteht, so ist beim Kniebeugen auf einem hölzernen Isolierschemel die Ladung negativ, und beim Strecken der Knie positiv. b) Die Elektrisierung ändert sich, wenn man über das baumwollene Gewebe noch ein wollenes Kleid anzieht. c) Die stärkste Elektrisierung beobachtet man unter den gleichen Bedingungen . . ., wenn unmittelbar auf den Körper eine wollene Kleidung (Tuch) angezogen ist . . ., die geringste . . ., wenn die wollene und die baumwollene Kleidung aufeinander angezogen sind, wobei die obere Kleidung mit der dem Körper entgegengesetzten Elektrizität sich ladet.

6. Bei der Kniebeuge verkleinert sich die Kapazität des Systems: Körper-Isolierschemel".

Aus diesen Beobachtungen schließen die Forscher, daß die Elektrisierung nicht in der Verkürzung der Muskeln, sondern in der Reibung der Füße auf dem Isolierschemel, der Kleidung auf dem Körper und der Oberkleidung auf der Unterkleidung ihre Ursache habe. Es besteht nämlich für Reibungselektrizität die Spannungsreihe: Glas, menschlicher Körper, Wolle, Baumwolle, Holz, Seide, Paraffin, Ebonit. Hieraus erklären sich die Beobachtungen unter 4 und 5.

„Aus dieser Reihe sieht man, daß nur Glas beim Reiben an dem Körper positiv elektrisch wird, alle anderen Materialien negativ. Wir haben gesehen, daß die Kniebeuge (in bekleidetem Zustande) auf dem Schemel nur in dem Falle eine negative Ladung an der Hand erregte, wenn der Schemel mit einer Glasplatte bedeckt war, in allen anderen Fällen wird die Hand beim Biegen des Knies positiv geladen.

Der Unterschied in der Art und Größe der Ladung, den wir beim Wechsel der Kleidung an der Versuchsperson bemerkten, erklärt sich leicht, wenn man das Reiben des Körpers an der Kleidung und einer Kleidung an der anderen in Betracht zieht. Hat nämlich die Versuchsperson nur eine Art der Kleidung . . . an, so bewirkt die Kniebeuge auf dem Schemel eine negative, das Strecken der Knie eine positive Elektrisierung der Hand, unabhängig von der Art der Kleidung und in Übereinstimmung mit der oben angeführten Spannungsreihe: in derselben befinden sich Wolle und Baumwolle auf der negativen Seite in Beziehung zum menschlichen Körper. Wenn aber über das baumwollene Kleid noch ein wollenes Kleid angezogen ist, so tritt die schwächere Elektrisierung beim Reiben der Baumwolle an dem Körper zurück und die Elektrisierung der Hand wird durch das Reiben der Baumwolle an der Wolle bestimmt." —

Es bleibt nun aber die Frage offen, wie die Verschiedenheit der Elektrisierung beim Beugen und Strecken der Knie zu erklären ist. Die Erklärung, welche die Herren Tereschin und Georgiewsky hierfür aus

Digitized by Google

ihren Versuchen ableiten, erscheint mir ein wenig gezwungen. Um dem Leser das Urteil darüber zu überlassen, sei sie im Wortlaute mitgeteilt:

„Die Versuchsperson, die sich auf einem isolierten Schemel befindet, wird vorher zur Erde abgeleitet, wobei das Kleid infolge des verhältnismäßig schlechten Leitungsvermögens des Kleidungsstoffes die von der Reibung an dem Körper herrührende negative Elektrizität teilweise beibehält. Bei der Kniebeuge reibt sich der Stoff an dem Körper hauptsächlich in den biegsamen Teilen des letzteren, z. B. in den Knien. Die durch die Reibung entstandene Elektrisierung tritt aber wenig zutage, weil die sich reibenden Flächen fest aneinander anliegen und gewissermaßen die Belegungen des Kondensators bilden. Andererseits ruft das Kniebeugen an den Stellen, wo keine unmittelbare Berührung zwischen dem Körper und der Kleidung stattfindet, im allgemeinen eine Verringerung des Zwischenraumes hervor; die übrigbleibende negative Ladung des Kleidungsstoffes führt eine positive Elektrisierung der nächstliegenden Teile der Oberfläche des Körpers herbei, während die negative Ladung auf weiter entfernte Teile übergeht; auf diese Weise bewirkt die Kniebeuge eine negative Elektrisierung der Hand. Beim Strecken der Knie entfernt sich das Kleid von der Oberfläche des Körpers in den biegsamen Teilen des letzteren; am Körper, der vor dem Strecken der Beine zur Erde abgeleitet worden ist, wird dabei die positive und am Kleide die negative Ladung befreit.“ Entsprechend wird auch das Verhalten bei doppelter Kleidung erklärt. Den Unterschied der Elektrisierung bei Kniebeuge und Strecken des Knies an unbekleideter Versuchsperson deuten die russischen Forscher, wie folgt: „Der Körper wird zur Erde abgeleitet; in den Punkten der Fußsohlen, wo keine unmittelbare Berührung des Körpers mit dem Isolierschemel stattfindet, entwickeln sich auf der Oberfläche der ersteren Ladungen, die der Art nach der Ladung des Schemels entgegengesetzt sind; die gleichnamige Ladung wird durch den Körper zur Erde abgeleitet. Beim Kniebeugen entfernt sich ein Teil der Sohle von dem Schemel; ein Teil der im Körper vorhandenen Ladung wird frei, und an der Hand entwickelt sich die Elektrizität, die der Art nach der Ladung des Schemels entgegengesetzt ist. . . . Beim Strecken des Knies kommt der aufgehobene Teil der Fußsohle wieder in Berührung mit dem Schemel, und die Ladung des letzteren teilt sich dem Körper mit.“

Die Herren Tereschin und Georgiewsky meinen schließlich, „daß in den Fällen, wo man am Körper eine statische, von der Reibung herrührende Ladung beobachtet, entweder die Haare oder die Kleidung als Ort der Akkumulation anzusehen sind.“

Digitized by Google

Mir scheinen die Erklärungsversuche der russischen Forscher noch keineswegs eine befriedigende Antwort auf die gestellten Fragen zu geben. Vor allen Dingen müßte wohl noch ein weit ausgedehnteres Beobachtungsmaterial bei vielseitigster Veränderung aller nur irgendwie in Betracht kommenden physiologischen und meteorologischen Bedingungen beigebracht werden, ehe man hoffen darf, das gewiß interessante Problem einwandsfrei zu lösen. Mi.



Eine neue Art der Stromzuführung für elektrische Glühlampen.

Die Stromzuführung ist eine Quelle vieler Sorgen für den Glühlampenfabrikanten. Um den Strom von außen her dem in der ausgepumpten Birne befindlichen Glühfaden zuzuführen, muß man ein Material wählen, welches gut in die Glaswand eingeschmolzen werden kann und eine Verschlechterung des Vakuums in der Birne ausgeschlossen erscheinen läßt. Das Material muß ein guter Elektrizitätsleiter sein, es muß auch sehr nahezu denselben thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzen wie das Glas, um nicht bei der während des Betriebes auftretenden Erwärmung Undichtigkeiten oder Sprünge im Glase zu verursachen. Das einzige Material, welches bisher mit Erfolg verwandt wurde, ist Platin. Sein hoher und vielfachen Schwankungen unterworfener Preis läßt aber einen Ersatz durch ein billigeres Material für den Fabrikanten dringend wünschenswert erscheinen, wenngleich konstruktive Verbesserungen die erforderliche Platinmenge bereits auf ein Mindestmaß herabgedrückt haben.

Man hat nun Versuche mit einer Legierung von Nickel und Stahl angestellt, deren Ausdehnungskoeffizient dem des Glases gleich ist. Dieses Material hat allerdings den Vorteil der Billigkeit, indessen haben sich die mit ihm hergestellten Lampen aus einem anderen Grunde nicht bewährt. Beim Einschmelzen wird nämlich die Oberfläche des Nickelstahldrahtes oxydiert, und die gebildete Oxydschicht ist hinreichend porös, um einen allmählichen Luftzutritt in das Innere der Lampe zu gestatten. Solche Lampen haben infolgedessen eine geringe Lebensdauer.

In der Sitzung vom 14. Mai 1907 der Ortsgruppe Glasgow der englischen Institution of Electrical Engineers hat Herr C. O. Bastian über eine neue Art der Stromzuführung berichtet, die er im Verein mit Herrn Calvert ersonnen hat. [Der Bericht ist im Journ. of the Instit. of Electr. Engr. **39**, 495—500, 1907 veröffentlicht.]

Digitized by Google

Herr Bastian stellt zunächst für das Material, welches als Zuleitung dienen soll, folgende Forderungen auf:

1. Das Material muß billig sein;
2. sein Schmelzpunkt muß höher liegen als der des Glases;
3. es darf möglichst wenig Gas okkludiert enthalten;
4. es darf durchaus keine Neigung zur Oxydation bei Erhitzung in freier Luft bis auf die Schmelztemperatur des Glases haben;
5. sein thermischer Ausdehnungskoeffizient muß dem des Glases so nahe wie möglich liegen;
6. es muß eine möglichst große elektrische Leitfähigkeit besitzen.

Diese Bedingungen scheinen nun die Herren Bastian und Calvert in ihrer „Sineplat“ genannten Stromzuführung bestens erfüllt zu haben.

Die genannten Herren nehmen einen Kupferdraht von beliebiger Stärke, der so lang sein muß, daß er von dem Glühfaden bis durch den Fuß hindurch reicht. Nahe seinem einen Ende wird der Draht auf eine Strecke von 15 mm bis auf die Dicke von 0,075 mm platt ausgewalzt. Über dieses flachgewalzte Stück wird ein 10 mm langes Ende weichen Emailleglases geschoben und in der Gebläseflamme angeschmolzen. Bei geschickter Anwendung der Gebläseflamme soll es nach Angabe des Herrn Bastian ein leichtes sein, das Emailleglas so auf das Kupfer aufzuschmelzen, daß jegliche Oxydation des Metalles vermieden wird, und daß das Glas an ihm wie Lötmetall haftet, ja daß Glas und Kupfer miteinander amalgamiert erscheinen.

Das Kupfer mit seinem Glasmantel kann nun offenbar bis nahezu auf seinen Schmelzpunkt erhitzt werden, ohne zu oxydieren, da ja durch das Glas hindurch kein Sauerstoff an das Metall herantreten kann. Mithin kann der so vorbereitete Draht ohne Schwierigkeit in den Lampenfuß eingeschmolzen werden. Versuche haben ergeben, daß bei einer Dicke des ausgewalzten Blechstreifens von weniger als 0,1 mm, also bei der hier zur Anwendung gelangenden, jedes Springen der umhüllenden Glasmasse völlig ausgeschlossen ist. Durch das Auswalzen werden auch okkludierte Gasmassen zum größten Teil in Freiheit gesetzt. Es scheinen somit durch die Bastian-Calvertsche Anordnung die oben angeführten Bedingungen tatsächlich erfüllt zu werden.

Wie Herr Bastian mitteilt, haben sich die nach dem neuen Verfahren hergestellten Lampen bei allen bisherigen Versuchen in jeder Hinsicht als brauchbar und den üblichen Lampen ebenbürtig erwiesen. Es bleibt abzuwarten, ob sie auch in der Praxis die auf sie gesetzten Hoffnungen erfüllen werden. Mi.



Digitized by Google

Das Imprägnieren des Holzes.

Alle Naturprodukte werden teurer, weil die steigende Kultur ihrer in wachsendem Maße bedarf, ohne oft die Quellen, aus denen sie fließen, ergiebiger machen zu können. Diese Verteuerung macht sich natürlich unangenehm bemerkbar und zwingt zu Gegenmaßregeln, die meist darin bestehen, mit den Naturprodukten sparsamer umzugehen. Darauf sind ganze Techniken gegründet worden, so z. B. die, das Holz zu imprägnieren, um es den zerstörenden Wirkungen der Witterung gegenüber widerstandsfähiger zu machen. Imprägnierte Hölzer finden heute in riesigen Massen Verwendung, vor allen Dingen im Eisenbahnbau, namentlich für Schwellen, für Telegraphenmasten, Masten für Beleuchtungskörper, für den Bau von Blockhäusern, Rampen usw. Solange man Holz in großen Massen zur Verfügung hatte und mit den von früheren Jahrhunderten aufgehäuften Schätzen Raubbau treiben konnte, brauchte man sich nicht um Mangel zu sorgen; als aber die Wälder zum Teil abgeholzt waren, mußte man die Technik der Konservierung des Holzes ausbilden. Man begnügte sich zuerst damit, die im Holze vorhandenen Lebewesen zu töten. Das bezweckte die von der Altona-Kieler Eisenbahngesellschaft Ende der sechziger Jahre vorgenommene Imprägnierung mit Kupfervitriol, das mit einem Druck von 8 Atmosphären in die Schwellen hineingepreßt wurde. Die Verwendung kupferner Kessel aber verteuerte das Verfahren sehr, und man ging zu anderen Verfahren über. Dazu boten sich die bei der Teerdestillation gewonnenen Teeröle dar, für welche man bis auf ihre Benutzung als Brennmaterial bis heute noch keine bessere Verwendung hat. Da das einfache Eintauchen nicht genügte und für die Einpressung dieser Stoffe in das Holz nicht genügend Material zu beschaffen war, benutzte der Ingenieur Rütgers in einem patentierten Verfahren eine Mischung von Chlorzink und Teeröl, bei welcher auf eine Schwelle 2 kg Teeröl kamen. In besonderen Kesseln wurden mit Hilfe von Dampfstrahlgebläsen die beiden Stoffe kräftig gemischt und die Mischung, ehe sie sich wieder setzen konnte, in den Imprägnierkessel hineingepreßt. Dort herrschte ein Druck von 8 Atmosphären, der einige Stunden auf die Hölzer wirken mußte. Dort trennten sich die Stoffe aber wieder, und so kam es denn, daß einige Schwellen fast nur mit Chlorzink, andere wieder fast nur mit Teeröl imprägniert wurden. Man hatte aber kein besseres Verfahren und wandte es an, bis infolge der Gewinnung der Nebenprodukte in der Koksindustrie die reinen Teeröle so billig wurden, daß der Preis für ihre Einführung kein Hindernis mehr bildete. Das ging, solange man eichene und kieferne Schwellen allein benutzte, die pro Schwelle einen Sättigungsverbrauch von 9 bzw.

Digitized by Google

7 kg Teeröl aufwiesen. Um aber buchene Schwellen zu imprägnieren, die bei satter Tränkung ebenfalls eine vorzügliche Dauerhaftigkeit zeigten (bis zu vierzig Jahren), brauchte man 36 kg. Man ging daher in diesem Falle zur Mischungstränkung zurück, benutzte aber nicht mehr Chlorzink, sondern das sogenannte Wiese-Salz (schwefelsaures Naphthalin-Natron). In Anlehnung hieran ist neuerdings von dem Ingenieur Schliemann ein Verfahren zum Patent angemeldet worden, welches auf der Verwendung der Endlaugen der Chlorkaliumfabrikation beruht, die den Kaliwerken außerordentlich lästig sind, weil ihre Abführung in die fließenden Gewässer nur bis zu einem gewissen Grade gestattet werden kann. Damit nun diese Endlaugen, die eine keimtötende Wirkung haben, durch den Regen aus den damit getränkten Hölzern nicht wieder ausgelaugt werden, müssen die Schwellen mit festen, wasserundurchlässigen Körpern geschützt werden. Das geschieht so, daß die Schwellen in dem Imprägnierkessel einige Stunden mit Chlormagnesiumlauge von 105° Grad bis 115° Grad Wärme behandelt werden. Dann wird die Lauge aus dem Kessel herausbefördert und Teer in den Kessel hineingedrückt, der ebenfalls auf diese Temperatur erhitzt ist. Dabei wird der Teer gleichzeitig abdestilliert, und die wertvollen leichten Öle werden ihm entzogen. Die Teeröle durchdringen dabei das ganze Holz, und das Pech füllt die Poren und Spalten im äußeren Splint. Damit ist das Innere dauernd von Luft und Feuchtigkeit abgeschlossen. Es ist anzunehmen, daß sich dieses Verfahren bewährt. Damit wäre zugleich eine vorteilhafte technische Verwertung der Endlaugen bei der Chlorkaliumfabrikation gegeben. L.



Ein neues Eisenschneide-Verfahren mittels Sauerstoffs.

Im Knallgasgebläse, einer Stichflamme, bei welcher ein Gemisch von Heizgas und Sauerstoff brennt, oder im elektrischen Lichtbogen verbrennt Eisen oder Stahl in dünnen Spänen unter einem lebhaften Funkenregen. Diese Tatsache ist allbekannt; man hat sie auch seit langem dazu benutzt, um scharfe Grate, die bei der Bearbeitung von Stahl und Eisen entstehen, abzuschmelzen. Einer Hütten-Gesellschaft wurde später auch ein Verfahren patentiert, das dazu dient, Versetzungen an Hochofenabstichen mittels eines starken Sauerstoffstromes abzuschmelzen. Das ist schon eine Methode, in einen Eisenblock ein großes Loch hineinzuschmelzen. Man braucht dazu einen Brenner, in dessen

Digitized by Google

Innerm ein dünnes Rohr zur Zuführung des Sauerstoffes untergebracht ist. Am Ende des Brenners mischen sich Heizgas und Sauerstoffstrom, welch letzterer unter starkem Druck zugeführt wird und der Flamme eine scharfe, stechende Form (Stichflamme) gibt, und leiten an der Stelle, wo sie auftreffen, eine Schmelzung ein. Ist das geschehen, so wird der Heizgasstrom unterbrochen, und das Eisen verbrennt nunmehr im reinen Sauerstoffstrome. — Mit diesem Verfahren kann man allerdings nicht genau abgegrenzte Löcher erhalten, da der Sauerstoff mit riesigem Druck (bis zu 50 Atmosphären) ausströmt und sich einen Ausweg bahnt, wo er ihn findet. Für manche Zwecke genügt das Verfahren, um aber genaue Schnitte ausführen zu können, muß man anders vorgehen. Das erreicht ein Verfahren der „Deutschen Oxhydric-Gesellschaft" in Eller bei Düsseldorf durch eine besondere Düsenanordnung. Eine vordere, nach hinten geneigte Düse wird durch ein Gemisch von Sauer- und Wasserstoff gespeist, eine hintere, senkrecht zum Arbeitsstück gerichtete Düse führt dagegen nur Sauerstoff, und durch sie allein wird der Schnitt ausgeführt. Der Sauer-Wasserstoff-Strom richtet sich gegen die Stelle des Arbeitsstückes, auf die die Schneideflamme sogleich auftrifft, so daß dort, wo die Sauerstoffflamme schneiden soll, das Stück gerade genug vorgewärmt ist; der Schnitt geht dann bis zur Fertigstellung glatt vor sich. Man muß dabei allerdings die Geschwindigkeit einhalten, die der Schnelligkeit der Oxydation des Eisens entspricht. Das ist aber in einigen Stunden zu erlernen. Ein richtig ausgeführter Schnitt hat das Aussehen eines Scherenschnittes, der keiner weiteren Nacharbeit bedarf. Der Sauerstoff greift das Material bis auf höchstens $^1/_4$ mm von der Schnittkante aus an, beläßt aber dem Arbeitsstück auch dort seine chemische und physikalische Zusammensetzung.

Mit dem Verfahren kann man Schnitte an eisernen Gegenständen bis zu 30 cm Dicke ausführen. Bei 5 cm Eisendicke kann man den Schnitt bis auf 1 mm genau ausführen, bei 5 bis 20 cm Stärke läßt sich eine Genauigkeit von 2 mm einhalten und über 20 cm eine solche von 4 mm. Bei dickeren Arbeitsstücken wird natürlich auch die Breite des Schnittes größer, die zwischen 2 und 5 mm schwankt. Wichtig ist, daß es gar nicht darauf ankommt, ob das zu schneidende Material hart oder weich ist, und daß wegen der geringen Erwärmung Spannungen an den Schnittflächen kaum auftreten. Die Bearbeitung der Panzerplatten geschicht mittels des neuen Verfahrens 15 bis 20 mal so schnell wie bisher. — Das Abschneiden eines Bleches von 2 cm Stärke auf 1 m Länge kostet etwas über 1 Mk. Für die Zwecke der Praxis hat die Gesellschaft eine ganze Anzahl von Spezialmaschinen entworfen, z. B. Rohrschneidemaschinen, eine Stutzenschneidemaschine, eine Mannlochschneide-

Digitized by Google

maschine (Mannloch ist das Einsteigeloch bei Dampfkesseln zu deren Reinigung von Kesselstein), eine Plattenschneidemaschine, eine Universalhandschneidemaschine und eine Nietkopfschneidemaschine. Das Verfahren scheint sich schnell einzuführen, denn schon über 300 Firmen benutzen dasselbe jetzt. L.



Über die Abhängigkeit der Ultraviolettdurchlässigkeit von Gläsern von der chemischen Zusammensetzung.

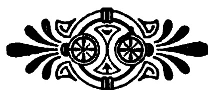
Bei der außerordentlichen Bedeutung, welche die von dem Jenaer Glaswerk hergestellten Gläser mit gesteigerter Ultraviolettdurchlässigkeit, die *UV*-Gläser, seit ihrer Einführung im Jahre 1903 gewonnen haben, kann es nicht wundernehmen, daß zahlreiche Untersuchungen angestellt worden sind zu dem Zwecke, einmal die Durchlässigkeitsgrenze der Schmelzen möglichst weit nach der Seite kurzwelliger Strahlung hinauszurücken, andererseits die Abhängigkeit der Durchlässigkeitsgrenze von der chemischen Zusammensetzung der Glassubstanz festzustellen. In dieser letzteren Hinsicht ist eine Arbeit bemerkenswert, welche Herr E. Zschimmer im Jenaer Glaswerk ausgeführt und jüngst in der Phys. Zeitschr. (**8**, 611—612, 1907) veröffentlicht hat. Die Versuche des Herrn Zschimmer dienten vorzugsweise orientierenden Zwecken. Es wurden dabei, um die Schmelzen möglichst rein zu gewinnen, „Purissimum"-Präparate von Merck in Darmstadt und chemisch reine Kieselsäure von Heraeus in Frankfurt a. M. in Platintiegeln geschmolzen. Die so gewonnenen Glasmassen, je 100 Gramm, lieferten nach der Abkühlung einigermaßen spannungsfreie Plättchen, welche angeschliffen und poliert werden konnten. Da diese im Platintiegel gewonnenen Substanzen aber keine genügende Luftbeständigkeit besitzen, außerdem zahlreiche feine Glasbläschen aufweisen und zur Kristallisation neigen, so können sie eine praktische Verwertung nicht finden. Immerhin sind die gewonnenen Beobachtungsergebnisse als Fingerzeige für weitere praktische Versuche von nicht geringem Interesse. Es hat sich nämlich ergeben, daß die Durchlässigkeitsgrenze bei den reinen Säuren $B_2 O_3$ und $Si O_2$ am weitesten im Ultraviolett liegt und durch Zusatz von Metalloxyden um so mehr nach der Seite größerer Wellen, also nach dem sichtbaren Spektralgebiet, hinrückt, je höher der Gehalt der Schmelze an solchen Oxyden ist. Mi.



Digitized by Google

Über das Alter des Atomismus.

Als erste Vertreter des Atomismus werden allgemein Leukipp und Demokrit angesehen. Die Richtigkeit dieser Ansicht wird in Zweifel gestellt durch eine Notiz im 11. Kapitel des 16. Buches von Strabos Geographie, auf welche Herr T. J. J. See vom Naval Observatory, Mare Island, California, in einer Mitteilung an die englische Zeitschrift Nature (s. daselbst 77, 345, 1908) hinweist. In der angeführten Stelle schreibt nämlich Strabo gelegentlich der Beschreibung von Sidon, daß, wenn man dem Berichte des Poseidonius Glauben schenken dürfe, die Lehre von den Atomen auf Mochus aus Sidon, einen Zeitgenossen des Trojanischen Krieges, zurückzuführen sei. Danach wäre also der Atomismus um etwa anderthalb Jahrtausende älter, als gemeinhin angenommen wird. Allerdings verwahrt sich Strabo durch die Berufung auf die Autorität des Poseidonius, welch letzterer aber immerhin einiges Vertrauen verdient. Jedenfalls dürfte ein Hinweis auf diese Stelle bei Strabo nicht uninteressant sein und vielleicht den Historikern und Philologen Anlaß geben, weiteren Zeichen eines älteren Ursprungs des Atomismus nachzuspüren. Mi.



Digitized by Google



Dr. R. Anheisser. Mikroskopische Kunstformen des Pflanzenreichs. 60 Foliotafeln mit Text. Kühtmann-Dresden 1907 (M. 16).

Es ist ein Werk, das der Beachtung aller Kunst- und Naturfreunde, wie im besonderen der Künstler und Kunstgewerbetreibenden wert ist. Der Verfasser, Botaniker und Architekt, Illustrator großer botanischer Werke in Deutschland und England, hat sich die Aufgabe gestellt, dem Pflanzenreich entnommene Gestaltungsformen, deren volle Erscheinung erst mit bewaffnetem Auge deutlich wahrgenommen werden kann, dem Künstler in einfacher Darstellung zu bieten. Algen, besonders des Planktons, niedere Pilze, Moose und andere kryptogamische Gewächse, Querschnitte von Pflanzenstengeln, -blättern, -blüten und Fruchtknoten zeigen bei mehr oder minder starker Vergrößerung Linien und Silhouetten, die ein kunstsinniges Auge entzücken müssen, dem Künstler eine Fülle von Anregung geben, die er vorher kaum ahnen konnte. Aus der Überlegung heraus, daß nicht pedantisch genaue, rein wissenschaftliche Wiedergabe der Naturobjekte den Künstler zu neuen Ideen führen, vielmehr immer der praktische Endzweck der natürlichen Kunstvorlage fest im Auge zu behalten ist, muß unter Verzicht auf alles Nebensächliche allein der hervorstechende Gesamtcharakter des vorliegenden Gegenstandes klar und scharf ins Auge gefaßt und verstanden werden. In diesem Sinne sind die dargestellten Formen aufgefaßt und auf 60 Foliotafeln mit kurzem, erläuternden Text wiedergegeben worden. So können sie die Phantasie des Künstlers anregen, ihm neue Gestalten vor Augen führen und ihm zeigen, welch reicher Schatz künstlerischer Feinheit selbst in den allerunscheinbarsten Gebilden verborgen liegt.

Längst hat sich Häckels Bilderwerk „Kunstformen der Natur" eingebürgert, das neben makroskopischen Objekten auch mikroskopische, vornehmlich aus dem Tierreich, zur Darstellung bringt. Das vorliegende neue Werk ist dazu eine willkommene Ergänzung. Es verdient gleichfalls allgemeine Wertschätzung und weite Verbreitung. Prof. Dr. Lakowitz, Danzig.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google



Phot. Waldemar Lind, Wyk (Föhr).

Das Eisboot.



Phot. Waldemar Lind, Wyk (Föhr).

Eisberge auf den Watten.

Digitized by Google

Digitized by Google



Ein Winterbild vom Wattenmeer.

Von **Christian Jensen** in Schleswig.

Die Natur der im Sommer von Fremden aus aller Herren Ländern belebten Wattenwüsten begünstigt im Winter bei anhaltendem Frost und vorherrschendem Ostwind die Eisbildung. Die Flut erreicht nicht die bei andern Windrichtungen gewöhnliche Höhe, da das Wasser der offenen See nicht so kräftig wie sonst in die Leien, Prielen und Gaten hineindringt; die Ebbe wird um so tiefer, weil der Druck des Windes es weiter zurücktreibt. Die folgende Flut bleibt daher an Höhe gegen die voraufgehende zurück. Während indessen das Wasser in den vielverzweigten Läufen aus- und einströmt, bildet sich an ihrem Rande Eis, das bei der nächsten Flut losgebrochen und übereinander geschoben wird. Bald sind nur noch die tieferen und breiteren Rinnen eisfrei, und es entfaltet sich in ihnen vor den Augen des Beschauers beim Steigen und Fallen der Salzflut ein geschäftiges Treiben der Eisschollen, das besonders schön erscheint, wenn es von den schrägen Strahlen der Wintersonne beleuchtet wird. Sobald Ebbe eingetreten ist, liegen die abgebrochenen, übereinander geschobenen grauen Eisblöcke auf den Watten und Sandbänken fest; steigt aber die Flut, so hebt sich ihr Strom dunkel von den festgelegten Eisrändern ab und setzt kleinere und größere Eisblöcke in Bewegung, die mit der Höhe des Wassers an Lebhaftigkeit zunimmt. Hier überholt eine größere Scholle die kleinere, dort scheitert eine am Strande, während andere krachend zusammenstoßen, zerschellen oder sich zu einer neuen größeren Eismasse vereinigen. Bei schwerem Eistreiben, wie es um Mitte Februar 1907 die Eisberichte der Nordsee meldeten, ziehen dann oft Eisberge vorüber, wie wenn zackige Wolken vor leichtem Winde am Himmel vorübereilen. Dann müssen Wattenschiff und -Dampfer vor ihnen aufs Trockne oder in den sichern Hafen flüchten.

Digitized by Google

Nur noch das Eisboot bleibt in Fahrt, das an einigen Orten seine Tätigkeit auf die Beförderung der Briefpost beschränkt und nur ausnahmsweise Pakete und Passagiere mitnimmt. Es muß zwischen den Eisschollen, deren Lage täglich mehrmals eine andere wird, einen oft beschwerlichen Weg suchen, oder gar, wo es nicht gelingt, an den Eisbergen vorüber zu steuern, sich von seinen wetterfesten drei oder vier Bootschiffern, die mit hohen Seestiefeln, wollener Jacke, Ölrock und Südwester oder Klappmütze ausgestattet sind, auf den Berg hinaufschleppen lassen. Mit ihm treibt es dann aufs Geratewohl fort, bis es aufs neue den Kurs zwischen den Eisschollen fortsetzen kann. Oft ist stundenlange Arbeit bei Übersteigung und Umgehung solcher Eisberge vergeblich. Dann muß die günstige Gelegenheit zur Umkehr nach der Abfahrtsstelle abgewartet werden, wenn Boot und Post und Mannschaft nicht mehr als eine Flutzeit auf den Watten zuzubringen gezwungen sein wollen. Zwischen Treibeis festgeklemmt, brauchten zwei Föhrer Eisboote beispielsweise im Februar 1893 zu einer Fahrt nach dem etwa 1 Meile entfernten Dagebüll bzw. 20 und 43 Stunden, und ein Pelwormer Eisboot war nach der eine halbe Meile entfernten Hallig Südfall 21 Stunden unterwegs. Wenn es nicht kernige und abgehärtete Naturen wären, diese Wattenschiffer, sie würden nicht so frisch und fröhlich an die schwere Arbeit gehen wie jene dort vor uns (s. Titelblatt), die mittlerweile ein gutes Stück im unwegsamen Wattenmeer, wo sie jede Tiefe und jede Sandbank kennen, zurückgelegt haben. Bei Eintritt des Tauwetters, im Nebel oder im Schneetreiben gestaltet sich die Eisbootfahrt besonders schwierig. Sind die Schiffer dann nach tage- oder wochenlanger Unterbrechung der Verbindung dem Lande nahe, so werden sie auf den vom Weltverkehr abgeschnittenen Inseln mit einem Freudenruf begrüßt, und die Kunde von der Ankunft der Post geht von Mund zu Mund. Weltbewegende Ereignisse sind oft lange vorüber, ehe sie auf den Halligen, die zum Teil noch ohne Fernsprechverbindung sind, bekannt werden. Am Vormittag des 22. März 1888 feierte man auf Gröde und Hooge noch Kaisers Geburtstag und erfuhr am Nachmittag durch die Post, daß Kaiser Wilhelm bereits am 9. März gestorben sei. Die Insel Pelworm erhielt vom 16. Dezember 1890 bis zum 24. Februar 1891 nur telegraphische Nachrichten. Daß Prinz Joachim geboren sei, erfuhr man erst mit der Februarpost. So lange war, getreu dem erhaltenen Befehl, allsonntäglich für die bevorstehende Entbindung unserer Kaiserin von den Kanzeln Fürbitte getan.

Sobald zwischen Insel und Festland die Eisdecke festgelegt ist, wird das Eisboot außer Dienst gestellt. Aus den Postschiffern werden

Digitized by Google

dann Postboten, die beim Gange über das unebene Watteneis den Handschlitten zur Überführung des Postgutes benutzen. Dann besuchen sich die Bewohner von Nachbarinseln gegenseitig, wie es 1895 Amrumer und Föhrer wiederholt getan haben. Selbst mit Pferdeschlitten, Lastwagen und Kutschen ist man noch 1899 über das Watteneis gefahren. Doch ist der Übereisverkehr nicht ohne Gefahr. Die Chronik der Utlande weiß von vielen Unglücksfällen zu berichten, die dabei vorgekommen sind. Veränderte Windrichtung und Hochflut haben sie herbeigeführt. Wächst bei eiserfülltem Haff der Wind zum



Phot. Waldemar Lind, Wyk (Föhr).

Treibeis im Wattenmeer bei Föhr.

Sturm, dann ist es meist um die fest verankerten Seezeichen, die Landungsbrücken, die Deiche und Dämme und selbst um Land und Sand der Inselbrocken geschehen! Die von der Flut auf den fruchtbaren Marschfeldern zurückgelassenen Eisschollen schmälern dazu den Ertrag des Bodens auf Jahre hinaus. Nach einer Eisflut bedecken mehr als nach gewöhnlichen Sturmfluten Schiffstrümmer und Reste menschlicher Wohnstätten den Meeresstrand, der dann von Strandläufern belebt ist, während er sonst im Winter einsam erscheint. Kaum eine Krähe läßt sich beutesuchend nieder, wo sonst Möwen, Strandläufer, Seeschwalben und Enten um die Wette bestrebt sind, die von der Flut zurückgelassenen zappelnden Meertiere zu erhaschen.

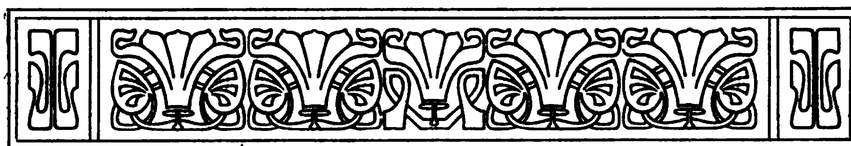
Digitized by Google

Mehr noch als die größeren Inseln des Wattenmeeres machen zur Winterzeit die Halligen einen eigenartigen Eindruck, sonderlich wenn der Schnee ihre sonst von der Flut bedrohten Fluren, Werften und Häuser unter eine Decke hüllt, die hier an Todesruhe und Grabesstille erinnert, und wenn die Eisschollen und Eisberge der Umgebung von Flut und Ebbe nicht mehr verschoben werden. Dann stört kein Brausen der See, kein Rauschen der Wogen, kein Geräusch der Straße und kein Lärm der großen Welt den Halligfrieden. Ungestört besorgen die braven Halligleute ihr kleines Hauswesen und den Stall und sind glücklich, wenn sie werktäglich nebenher einige Handarbeiten, die meist in der Bearbeitung der Wolle bestehen, machen und am Sonntag alle in die Kirche gehen können. Ein gutes Buch ist fast in jedem Hallighause ein treuer Gefährte, wo es gilt, die langen Winterabende zu verkürzen. Kommt nachbarlicher Besuch, so fehlt zur Tasse Tee oder Kaffee das schmackhafte Gebäck nicht, das hier die Hausfrau vortrefflich zu backen versteht, und außer Tagesneuigkeiten werden alte Geschichten der Hallig-Spinnstuben erzählt.

Seitdem im Jahre 1896 die Erbauung von Verbindungsdämmen im Wattenmeer begonnen hat, ist für die Halligen, die dadurch miteinander und mit dem Festlande verbunden sind, diese Weltabgeschiedenheit zur Winterzeit in dem früheren Maße nicht mehr vorhanden. Auch hat die Insel Sylt seit Erbauung des Südhafens bei Hörnum 1901, dessen Zugang lange eisfrei bleibt, zur Zeit der Eissperre der Wattenwüsten durch das Entgegenkommen der Hamburger Nordseelinie, die dann wöchentlich ein- oder mehrmal ihren Dampfer „Silvana“ verkehren läßt, Verbindung mit Cuxhaven. Trotzdem wird jeder neue strenge Winter für die Insel- und Halligbewohner zu Klagen über Verkehrsstockungen und Langeweile der insularen Abgeschlossenheit Anlaß geben, solange es nicht gelungen sein wird, das Netz der Verbindungsdämme, die den Landgewinn fördern, über das ganze Wattenmeer auszudehnen. Dann erst wird ein regelmäßiger Verkehr zwischen Festland und Inselwelt auch durch das eiserfüllte Wattenmeer sichergestellt sein, und die Eisbootfahrten werden der Vergangenheit angehören.



Digitized by Google



Die Entwicklung des Kalibergbaus.

Von Professor Dr. L. Häpke in Bremen.

In der kleinen Stadt Staßfurt an der Bode zwischen Magdeburg und Halle waren seit Jahrhunderten Solquellen in Betrieb. Georg Agricola schrieb in seinem 1612 zu Wittenberg erschienenen Werke „De natura fossilium": „In Staßfurt kann man Salz graben (bergmännisch gewinnnen), denn die Solquellen fließen ununterbrochen, und im Sommer sind die Felder mit Salz besät." Als im preußischen Staate die Salinen den Verbrauch längst nicht mehr decken konnten, dachte man daran, Steinsalzlager, wie sie in Berchtesgaden, Hallein und Wieliczka seit Jahrhunderten ausgebeutet wurden, zu erbohren. Man setzte im April 1839 auf der Saline zu Staßfurt ein Bohrloch an, dessen Resultate von ungeahnter Bedeutung für die deutsche Industrie, für Handel und Schifffahrt werden sollten. Das Bohrloch wurde mit Meißel und Wasserspülung heruntergebracht, und die Bohrung nach fünfjähriger Arbeit in 581 m Tiefe eingestellt. Die durchbohrten Schichten bestanden aus Ton, buntem Sandstein, Gips und Anhydrit, bis bei 256 m Steinsalz auftrat, das bei der genannten Tiefe noch nicht durchsunken war.

Die Vermutung, daß im Untergrunde von Staßfurt kompaktes Steinsalz lagerte, hatte sich also glänzend bewährt. Aber das erbohrte Salz war kein reines Kochsalz. Es enthielt außer Kochsalz noch Chlormagnesium, Chlorkalium und Bittersalz; aber auch Stücke reinen Kochsalzes waren mit dem Bohrer heraufgeholt worden. Dennoch entschloß man sich, zum Bergbau überzugehen, und brachte zwei Schächte glücklich nieder, die im Jahre 1857 in Betrieb genommen wurden. Der Schacht „von der Heydt", nach dem Handelsminister benannt, diente zum Einfahren der Bergleute; im anderen, „Minister von Manteuffel" benannt, erfolgte das Fördern der Salzwagen.

Der Zweck der Bergwerksanlage war gewesen, Steinsalz zu gewinnen, und so wurde nur dieses abgebaut; die Kali- und Magnesiasalze, die

Digitized by Google

160 m mächtig das Steinsalz überlagerten, wurden als Verunreinigungen weggeworfen oder abgeräumt und deshalb Abraumsalze genannt, eine Bezeichnung, die sich bis heute erhalten hat. Wie bekannt, kehrten sich die Verhältnisse bald um, indem hauptsächlich Kalisalze und nebenbei Steinsalz gefördert wurden. Eine genauere Untersuchung ergab, daß unter dem Salzton ein 42 m mächtiges Kalisalzlager sich befand, das 55 % Carnallit, 25 % Steinsalz, 16 % Kieserit und 4 % Chlormagnesium enthielt. Nach dem Sattel hin keilte sich das Lager allmählich aus und bestand aus sekundär gebildeten Salzen, die aus dem Carnallit durch Zutritt von Wasser entstanden waren, namentlich aus Kainit. Unter dem Kalisalzlager folgte eine 56 m starke Kieseritregion, die neben Steinsalz verschiedene Magnesiasalze enthielt. Im Liegenden des Kieserits folgte die Polyhalitregion, 62 m mächtig, die aus Steinsalz mit verschiedenen Kali- und Kalkverbindungen zusammengesetzt war. Unter dem Polyhalit lagerte das ältere Steinsalz glashell, durchsichtig und nach Würfelflächen spaltbar. Es besteht aus Bänken, die von 5—8 mm starken Anhydritschnüren durchsetzt sind und Jahresringe genannt werden, was mit dem Absatz eines Jahres natürlich nichts zu tun hat. Das Grubenfeld des preußischen Fiskus reicht im Streichen der Schichten, die 40° gen Südwest einfallen, etwa 3 Kilometer weit. Nach mehreren mißlungenen Versuchen, durch neue Schächte den Betrieb dort auszudehnen, wurde 1875, ein Kilometer vom alten entfernt, ein neuer fiskalischer Schacht abgeteuft, in dem man über dem Kalisalzlager das sog. jüngere Steinsalz erschloß. Die ganze Ablagerung fand man hier in genau derselben Gleichmäßigkeit wie in den beiden alten Schächten. Diese neue Anlage entwickelte sich zur Hauptproduktionsstätte des königlich preußischen Salzwerks, das durch die 1887 erfolgten Fabrikanlagen noch erheblich an Bedeutung gewann. Der Betrieb in den beiden alten Schächten mußte dagegen eingestellt werden, da er ganz unter der Stadt Staßfurt lag und wegen der entstandenen Hohlräume Sicherheitsmaßregeln verlangte. Der preußische Fiskus hat in der Umgegend von Staßfurt namentlich durch den Bergrat Köbrich zu Schönebeck an der Elbe noch zahlreiche Tiefbohrungen niederbringen lassen. Eine derselben bei Unseburg, zehn Kilometer nordwestlich von Staßfurt, erreichte das unter den Kalisalzen liegende sog. ältere Steinsalz schon in der geringen Tiefe von 80 m und hielt bis 1250 m Tiefe an. Dann folgten Anhydrit und schwarze Schiefer und darunter wieder ein Salzlager, bis bei 1293 m die Bohrung eingestellt wurde.

Der Steinsalzfund Preußens, unmittelbar an der Landesgrenze des Herzogtums Anhalt, machte es wahrscheinlich, daß auch auf anhaltinischer Seite Steinsalz erbohrt werden würde. Nach einigen günstigen

Digitized by Google

Tiefbohrungen begann man am 1. Juli 1858 mit dem Abteufen zweier, nur 1200 m von den preußischen entfernten Schächte. Beide schlossen ein mächtiges Kalisalzlager von mehr als 200 m Stärke auf. Der wertvolle Kainit, den man dann im Mai 1865 auch in Staßfurt antraf, wurde hier zuerst gefunden. Das neue Salzwerk, das sich dem preußischen Staßfurt unmittelbar anschloß, erhielt den Namen Leopoldshall. Die neugegründete Stadt zählte im Jahre 1900 bereits 8000 Einwohner, von denen etwa 1300 in den anhaltinischen Salzwerken beschäftigt waren. Die Reinüberschüsse von Leopoldshall betrugen in manchen Jahren über



Fig. 1. Arbeiter im Kalibergwerk.

$3^1/_2$ Millionen Mark und deckten den dritten Teil der gesamten Staatsausgaben des Herzogtums Anhalt.

Die Verwertung der Abraumsalze beider fiskalischen Werke erfolgte durch Dr. Adolf Frank in Staßfurt, der nach seinem Patent im Oktober 1861 mit der Herstellung von Düngesalzen aus dem Carnallit begann und es im ersten Jahre auf 3000 Doppelzentner brachte. Da auch die zahlreichen sonstigen Kaliverbindungen aus den Abraumsalzen leicht hergestellt werden konnten, so waren im folgenden Jahre dort bereits vier Fabriken tätig, und zwei Jahre später waren es schon 18. Mit den Fabriken in Leopoldshall zählte man 1872 bereits 33, die sich mit der

Digitized by Google

Verarbeitung der Kalisalze beschäftigten. Schon bei meinem ersten Besuch, den ich im Mai 1865 unternahm, um das unter Leitung des Bergrats Bischof stehende Bergwerk anzufahren, machten sich die Städte Staßfurt und Leopoldshall aus weiter Ferne durch einen Wald von hohen Schornsteinen kenntlich.

Die glänzenden Erfolge veranlaßten das Salzwerk Leopoldshall zu einer großartigen Anlage im Innern des Bergwerks. Man hatte in 300 m Tiefe eine Festhalle von 150 m Länge, 25 m Breite und 10 m Höhe im Steinsalz ausgehauen, die durch elektrische Bogen- und Glühlampen taghell erleuchtet wurde und eine lange Festtafel enthielt. Auf einem Wasserbassin, in das die Grubenwasser sich rauschend stürzten, schaukelte ein Boot, und im Hintergrunde des weiten Saals stand ein Obelisk aus Steinsalz, umgeben von allen im Bergwerke vorkommenden Mineralien. Nun zur Kehrseite! Infolge der Wühlarbeit lösten sich Salzblöcke los und Erderschütterungen begannen. Die belasteten Pfeiler und Streben vermochten die ungeheuere Last nicht mehr zu tragen und brachen zusammen. Wasserzuflüsse stellten sich ein, die allmählich von wenigen Litern zu mehreren Kubikmetern in der Minute sich steigerten. Die hereinbrechenden Fluten standen mit dem Bodeflusse im Zusammenhange, was man durch gefärbtes Wasser beweisen konnte. In Leopoldshall brachen Weihnachten 1880 vier Etagen unter donnerndem Krachen zusammen, und heftige Erdbeben beunruhigten in den folgenden Jahren die Bewohner. Die Erde tat sich auf, und ein Tagesbruch entstand von 18 m Tiefe mit einem Durchmesser von 20 m. Auch das angrenzende Gebiet von Staßfurt blieb nicht verschont, indem ganze Straßen schwer heimgesucht wurden. Die Balken knackten, die Fenster klirrten, und die Möbel bewegten sich, so daß die Häuser zum Teil unbewohnbar wurden. Selbst die alte, aus mächtigen Quadern erbaute St. Johanneskirche mußte längere Zeit geschlossen und teilweise erneuert werden. Beide staatlichen Werke mußten tief in die Kassen greifen, um die Schäden zu ersetzen. Aber die Bergleute verzagten nicht. Man ging vom Pfeilerbau zum Totalabbau über, indem man die entstandenen Hohlräume sofort mit unreinem Steinsalz und Schuttmassen des Gebirges ausfüllte. Ferner gelang es noch eine Reihe von Jahren, die eindringenden Fluten durch riesenhafte Dampfpumpen zu bewältigen. Tag und Nacht schafften sie keuchend per Minute zehn Kubikmeter des salzigen Wassers wieder in die Bode. Aber die Fluten stiegen höher und höher und zwangen die Bergleute endlich zum Rückzuge. Am 10. April 1900 mußte der Betrieb auf dem Werke Leopoldshall eingestellt werden. Es gelang jedoch, den bereits vor zehn Jahren hergestellten Schacht III von den beiden ersten Schächten durch Ausmauern der Ver-

Digitized by Google

bindungen zu isolieren. Durch die Reserveschächte IV und V, denen bald noch ein VI. Schacht hinzugefügt wurde, konnte man allen Anforderungen der Abnehmer ohne Schwierigkeit entsprechen.

Ehe wir nun zu der weiteren Ausbreitung des Kalibergbaus übergehen, möchten wir kurz auf die Entstehung dieser Salze und ihr geologisches Alter hinweisen, weil davon die Auffindung und Ausführbarkeit weiterer Unternehmungen abhängt. Die unerschöpfliche Vorratskammer des auf der Erde außerordentlich weit verbreiteten Kochsalzes bildet das Meer. Salzlager können sich im offenen Meere nicht bilden, sondern nur in tiefen Buchten, die durch eine Barre zeitweise vom Meere abgetrennt sind. Fernere Bedingungen zur Salzbildung sind trocknes Klima und Armut an süßem Wasser. So bildet sich noch heute eine große Salzpfanne am Kaspischen See, die durch eine derartige Barre zeitweise vom See abgetrennt ist. Da sich diese Bedingungen zu allen Zeiten und in allen Perioden der Erdgeschichte wiederholt haben, so finden wir das Steinsalz fast in sämtlichen Formationen der Erdrinde und in allen Erdteilen. Besonders günstige Verhältnisse für die Salzbildung fanden in Deutschland von der Zeit des oberen Zechsteins bis zum Schluß der jüngsten Triasperiode statt. Diese Lagerstätten wurden erst nach dem Emporkommen von Staßfurt und Leopoldshall, namentlich in Nord- und Mitteldeutschland aufgeschlossen. Bis dahin hatte man sich kümmerlich genug mit der Erzeugung von Siedesalz aus Solen in den Salinen begnügt.

Die größte Tiefe des Meerbeckens während der Zechsteinperiode dürfte nach Beyschlag nicht viel über 500 m betragen haben. Wenn bei Sperenberg, 5 Meilen südlich von Berlin, das 1184 m mächtige Salzlager noch nicht durchsunken ist, wenn bei Unseburg Salzlager von 1200 m und bei Oldau von 1472 m Mächtigkeit erbohrt sind, so soll das auf Schichtenverdoppelung durch Aufrichtung, Faltung und Stauchung beruhen. Wie tief soll da die Meeresbucht gewesen sein? — Nach der Zechsteinformation folgte die Trias, die aus den drei Gliedern: Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper besteht. Sie führt in allen Stufen Salz. Die Salinen zu Salzungen, Lüneburg und Ischl, die Salzbergwerke zu Hallein und Berchtesgaden gehören der Trias an. Dann folgte die Juraformation, die ebenfalls dreigliedrig ist, und als schwarzer Jura oder Lias, brauner Jura oder Dogger und weißer Jura unterschieden wird. Nach den verschiedenen Gliedern der Kreideformation folgt das viergliedrige Tertiär oder die Braunkohlenformation, der die Salzlagerstätten in Galizien, Ungarn und Siebenbürgen angehören. Endlich kommt das Quartär mit den jüngsten Bildungen des Diluviums und Alluviums, das die Oberfläche unseres Nordwestens bildet und sein Relief hauptsächlich

Digitized by Google

der Eiszeit verdankt. — An vielen Stellen der Erde ist die Reihenfolge der Schichten aber unregelmäßig. Manche Glieder fehlen ganz oder sind weggewaschen, andere sind verschoben, übergekippt, gefaltet, zerstückelt und zersprengt. Dadurch wird der Kalibergbau schwierig und unsicher in seinen Erfolgen. Mitunter bietet das Profil eines Bohrergebnisses ein Bild überraschender Knickungen und Faltungen dar, wodurch eine Vielheit und Mächtigkeit der Kalilager vorgetäuscht wird, die in Wirklichkeit nicht existiert.

Die chemische Zusammensetzung der mannigfaltigen Mineralien, welche die oberen Regionen des Staßfurter Salzlagers bilden, stimmt genau mit den sog. Mutterlaugensalzen überein, die beim Verdampfen des Meerwassers zurückbleiben, nachdem sich die Hauptmasse des schwer löslichen Kochsalzes abgesetzt hat. Alle normal gebildeten Salzlager müssen aus Steinsalz und den darüber gelagerten Abraumsalzen (Kali-, Magnesia-, Kalk-Verbindungen) bestehen. Wo diese oberen Salze fehlen, wurde die Bildung des Lagers vorzeitig unterbrochen, oder durch spätere Hebungen oder Überflutung wurden die leichter löslichen Mutterlaugensalze wieder fortgespült. Zur Bildung des Staßfurter Salzlagers werden mindestens 15000 Jahre berechnet. Durch Verdunstung des Meerwassers während der wärmeren Jahreszeit schied sich hier eine 7—8 cm dicke Schicht Kochsalz ab; in der kälteren Jahreszeit dagegen aus dem frisch zufließenden Seewasser eine mehrere Millimeter starke Schicht Anhydrit, $CaSO_4$, gleichsam als Jahresring. Als der weitere Zufluß von Meerwasser aufhörte, begannen auch die Kali- und Magnesiasalze aus der angesammelten Mutterlauge auszukristallisieren. An Stelle der Anhydritschnüre treten im Steinsalze zunächst solche von Polyhalit, $K_2SO_4 + MgSO_4 + CaSO_4 + 6H_2O$, auf, wonach die ca. 62 m mächtige Schicht die Polyhalitregion genannt wird. Dann folgt der 56 m mächtige Kieserit, der aus Bittersalz, $MgSO_4 + H_2O$, besteht und schließlich in ein Carnallitlager, $KCl + MgCl_2 + 6H_2O$, übergeht, das in Staßfurt eine Mächtigkeit von 42 m besitzt. Der Carnallit bildet die oberste Schicht oder das Hangende des ganzen Salzlagers. Unterhalb desselben findet sich ein Meter mächtiges reines Chlorkalium, KCl als Sylvin, das mit Steinsalz, Kieserit und Carnallit innig gemengt den 20 m mächtigen Sylvinit bildet. Hartsalz wird ein sylvinhaltiges Salzgemenge genannt, das aus Chlorkalium, Kainit und Anhydrit in wechselnder Zusammensetzung besteht. Der Kainit (von καινός neu) findet sich meist als „Hut“ auf dem Carnallitlager, aus dem er durch Zersetzung entstanden ist. Er besteht aus $K_2SO_3 + MgSO_4 + MgCl_2 + 6H_2O$ und wird nach dem Vermahlen direkt versandt und zur Düngung verwendet. Oftmals enthält der Carnallit in Knollen eingelagerten Borazit, bor-

Digitized by Google

saures Natron, $Na_2B_4O_7 + 5H_2O$, das durch Ausklauben besonders gewonnen wird. Nun folgt eine etwa 8 m mächtige Schicht von Salzton, aus Calciumsulfat, Magnesiakarbonat und Ton bestehend. Darüber liegt eine 40 bis 90 m mächtige Anhydritschicht und schließlich Buntsandstein. An einigen Stellen ist zwischen beiden letzteren noch eine 40 bis 120 m mächtige Schicht von jüngerem Steinsalz eingelagert. Durch eine von Südost nach Nordwest gehende Erhebung wurde das Becken in zwei Teile geteilt, worauf das eindringende Wasser die Salze teils löste, teils zersetzte.

Die Erklärung der Entstehung und Ablagerung der Zechsteinsalze in geologischer Hinsicht durch die sog. Barrentheorie ist ganz auf die Vorkommnisse der Salzlager von Staßfurt und Leopoldshall zugeschnitten. Sie rührt von dem verstorbenen Montangeologen Konsul Dr. Ochsenius in Marburg her. Diese Theorie läßt uns aber im Stich bei den Lagerungs-

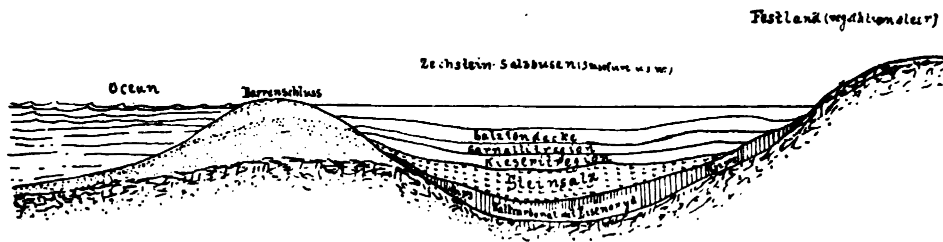


Fig. 2. Zechstein Salzbusen nach Ochsenius.
(Aus „Kali“, Zeitschrift für Gewinnung, Verarbeitung und Verwertung der Kalisalze, W. Knapp, Halle a. S. Die übrigen Klischees verdanken wir Herrn Generaldirektor Grässner vom Kalisyndikat.)

verhältnissen der zahlreichen neueren Kaliwerke, deren Verhältnisse übrigens heute noch ungeklärt und heiß umstritten sind. Für die Chemiker und für die physikalisch-chemische Forschung sind die Kalisalzlager eine wahre Fundgrube zur Bereicherung des Wissens und eine bisher längst nicht ausgeschöpfte Quelle des Studiums geworden. Jahrtausende hat die Natur diese Mineralien gegen die Einflüsse von Wasser und Atmosphärilien sorgsam geschützt. Ihre Bildung, Löslichkeitsverhältnisse und Existenzbedingungen hat der berühmte Chemiker van't Hoff am genauesten untersucht, dessen 50 Abhandlungen die Berliner Akademie veröffentlicht hat.

Nach den glänzenden Erfolgen der beiden fiskalischen Werke begann auch die Privatindustrie mit Bohrungen und ging damit zum Bergbau über. Erst allmählich — dann stürmisch! Als erstes Privatwerk nahm Douglashall in Westeregeln 1875 die Förderung auf, dem 1877 Neustaßfurt und 1883 Aschersleben folgten. Um der nun beginnenden bedenklichen Überproduktion ein Ziel zu setzen, erfolgte 1879 der Zusammen-

Digitized by Google

schluß der vier ersten Werke zu einer Carnallitkonvention. Jedes neue zur Förderung gelangende Werk unterbot die Preise der Konvention, bis es in das 1888 zuerst gebildete Syndikat aufgenommen wurde, das sich zuletzt am 1. Juli 1904 erneuert hat.

Im September 1907 waren bereits 50 Kaliwerke im Betriebe, von denen drei der bedeutendsten dem preuß. Fiskus gehören: Staßfurt, das Werk „Hercynia" bei Vienenburg und das Werk Bleicherode, südlich von Nordhausen; ein Werk, Leopoldshall, ist anhaltinisch. 43 davon gehören dem Syndikat an, während noch 7 Werke als „Outsiders" draußen stehen und Aufnahme erwarten. 26 weitere Werke sind kalifündig und im Abteufen begriffen. Eine Anzahl der letztern wird schon in der nächsten Zeit zur Förderung übergehen. Endlich sind 544 Gesellschaften mit Bohrversuchen nach Kalisalzen beschäftigt oder als Aktiengesellschaften oder Gewerkschaften konzessioniert. Zusammen waren es in der Mitte des Jahres 1907 also 620 Unternehmungen. In der Schrift „Deutschlands Kaliindustrie", die 1902 erschien, sind 250 Werke und Unternehmungen beschrieben. Folglich beträgt die Zunahme in den letzten 5 Jahren nicht weniger als 370 Unternehmungen.

Die Festschrift „Deutscher Kalibergbau", welche unter Leitung des Geheimrats Beyschlag zum X. Bergmannstage zu Eisenach im September v. J. herausgegeben wurde, — ein Standard Work — enthält auf einer Karte sämtliche Kaliunternehmungen verzeichnet. Sogar Gesellschaften, die sich Gerechtsame gesichert, aber noch gar nicht gebohrt haben, sind hier aufgenommen. Zur besseren Übersicht lassen sie sich nach folgenden Gruppen vereinigen:

I. Gruppe: Das Magdeburg-Halberstädter Becken.
II. Die Thüringer und Südharz-Gruppe.
III. Die Werragruppe.
IV. Die zahlreichen Werke in der Provinz Hannover und die des Herzogtums Braunschweig.
V. Die Werke Jessenitz und Lübtheen in Mecklenburg rechts von der Elbe.

Hieraus ergibt sich, daß die Kalibergwerke und Bohrunternehmungen von dem mitteldeutschen Gebirgs- und Hügellande immer weiter nach Nordwesten in die Tiefebene bis zur Lüneburger Heide und sogar über die Elbe hinaus vorgedrungen sind. Die meisten neuen Werke treffen wir im Wesergebiet, besonders an der Oker, Innerste, Leine und Aller. Die Folgen dieser Entwicklung der Kaliindustrie zeigen sich auch in der Zusammensetzung des Weserwassers, das vor zehn Jahren bei Bremen etwa 40—50 mgr Chlor im Liter enthielt. Jetzt hat sich die Menge bis auf 100 mgr Chlor verdoppelt.

Digitized by Google

Alle Unternehmungen beginnen beim Kalibergbau mit Tiefbohrungen, die, von Dampfkraft betrieben, häufig bis zur Tiefe von 1000 m und mehr hinabgehen. Eine Tiefbohrung zu Oldau a. d. Aller, 12 km westlich von Celle, die die Aktiengesellschaft „Prinz Adalbert" unter Leitung des Direktors Keysser in Hannover unternahm, wurde erst bei 1613 m Tiefe eingestellt. Eine zweite Bohrung daneben durchsank außer dem Gips, Anhydrit und Salzton ein 76 m mächtiges Kalisalzlager in 192—268 m Tiefe. Nachdem noch im Liegenden über 300 m Steinsalz erbohrt worden waren, wurde die Bohrung in 568 m Tiefe eingestellt. Das erstgenannte Bohrloch IV gehört zu den tiefsten Bohrlöchern der Erde und wird nur von Paruschowitz in Oberschlesien von 2003 m Tiefe und von Schladebach bei Merseburg von 1748 m an Tiefe übertroffen. Als nach den Kalisalzen im Oldauer Bohrloch immer wieder Steinsalz bergetief erbohrt wurde, stellte die Aktiengeschaft bei 1360 m Tiefe die Arbeit ein. Trotz der Bemühungen der höchsten Bergbehörden, die Bohrung auf Kosten des Staates fortzusetzen, versagte der Finanzminister die Geldmittel. Der Bohringenieur Thumann, Mitglied des Aufsichtsrats, setzte nun die Bohrung auf eigene Kosten fort und erreichte nach dem Durchteufen des Salzlagers von 1472 m Mächtigkeit das Liegende. Da dieses wieder aus Anhydrit und braunem Schieferletten bestand, stellte Thumann das Unternehmen ein. Vor einigen Jahren besichtigte ich den Schuppen neben diesem Bohrloch IV, in dem ca. 1500 Bohrkerne aus Steinsalz, jeder durchschnittlich 1 m lang, numeriert und reihenweise aufgestapelt lagen. Ein überwältigender Anblick! Diese Tiefbohrung hatte nur 146 Arbeitstage erfordert. Anfangs betrug die tägliche Bohrleistung 15 m; selbst für die letzten Tage war der Fortschritt des Tages noch 4—5 m. Bei vollständiger Beherrschung der Technik und Ausnutzung aller günstigen Schichtverhältnisse trat auch nicht ein einziger störender Zwischenfall ein. Nach Vollendung dieser Bohrung hat Herr Thumann eine Temperaturmessung des Erdinnern ausgeführt und mit außerordentlicher Genauigkeit vollendet. Die Temperatur betrug in 1600 m Tiefe nahezu 46° C, während das Thermometer an demselben Tage an der Oberfläche 3° Kälte zeigte. Diese Tiefbohrung und Temperaturmessung im Innern der Erde ist im XVII. Bande der Abhandlungen des Naturwissenschaftl. Vereins zu Bremen ausführlich beschrieben und durch Zeichnungen der sinnigen Meßapparate des Herrn Thumann illustriert. Soweit bekannt, hat die Aktiengesellschaft das Abteufen des Schachtes beim Bohrloch III nach dem Gefrier-Verfahren vor etwa Jahresfrist begonnen und energisch gefördert, indem rund um den Schacht eine Frostmauer bei 30—40° künstlicher Kälte hergestellt wurde. Da Oldau Station der Eisenbahn des Allertals von

Digitized by Google

Celle nach Verden ist, konnte ein Gleisanschluß zur Bahn angelegt werden und ebenso nach der nahen schiffbaren Aller, an der eine Hafenanlage projektiert wird.

Durch die aufblühende Kaliindustrie sind einige tausend Flach- und Tiefbohrungen niedergebracht, welche die Mineralschätze aufschlossen und die Bohrtechnik in Deutschland auf einen sehr hohen Stand brachten. Außerdem hat das Schürfen nach Steinkohlen und Erzen, sowie das Aufsuchen von Mineral- und Kohlensäurequellen wohl noch mehr Bohrungen veranlaßt. Während das Wort „Tiefbohrung" in der mir zugänglichen Literatur vor 30—40 Jahren noch ganz unbekannt war, gibt es jetzt ein fünfbändiges Werk über Tiefbohrungen von dem Geheimen Bergrat Tecklenburg in Darmstadt, das 1887 bis 1893 erschienen ist. In einem Aufsatz der „Umschau" vom 23. November 1907 beschreibt Tecklenburg Versuche, mittels deren er aus einem Bohrloche von 56 m Tiefe elektrische Energie gewonnen hat. Er hält es des Schweißes der Edlen wert, solche Untersuchungen fortzusetzen.

Sämtliche Bohrungen werden durch Dampfbetrieb nach verschiedenen Methoden ausgeführt. Am Ende des Bohrgestänges befindet sich ein Stahlzylinder von 15—20 cm Durchmesser, dessen Rand mit 12—20 schwarzen Diamanten, sogen. Carbon, besetzt ist. Durch stoßende und drehende Bewegung dieser Diamantkrone wird ein zylindrischer Bohrkern von etwa einem Meter Länge aus dem Gestein herausgeschnitten, durch Rütteln des Gestänges abgebrochen und heraufgeholt. Manche Diamantkrone, die einen Wert von 3—4000 Mk. hat, geht dabei verloren. Nach einer anderen Bohrmethode wird das Gestein durch einen Meißel am Gestänge oder durch frei fallende schwere Schlagapparate, die oft Tag und Nacht arbeiten, zertrümmert. Darauf werden die Trümmer entweder als sogen. Bohrschmand mittelst zylindrischer Löffel gehoben oder durch kräftige Spülung in einem Röhrensystem mit doppelten Wänden zutage gefördert. Zur Spülung des Bohrschlammes darf bei Salzwerken kein Wasser angewandt werden, weil es die Salze auflösen würde, sondern man spült mit Lösungen von Chlormagnesium. Die Kosten einer derartigen Tiefbohrung, die in eigener Regie des Werkes oder von einer Aktiengesellschaft ausgeführt wird, stellen sich je nach der Tiefe und dem Gestein auf 80, 100 bis 120 Mk. für den laufenden Meter. Die 1748 m tiefe Bohrung in Schladebach bei Merseburg kostete z. B. über 200000 Mark, wovon allein ca. 100000 Mk. für Diamantkronen ausgegeben wurden. Ein Kalischacht hat gewöhnlich einen quadratischen Querschnitt von 5—$5^1/_2$ m Länge. Die geringste Tiefe findet sich beim Schacht zu Westeregeln mit 260 m; Aschersleben hat 300 m, Staßfurt 416 m, Hohenzollern 720 m und Salzgitter 820 m Tiefe. Die Kosten

Digitized by Google

eines Kalibergwerks mit Chlorkaliumfabrik dürften sich auf 5 bis 6 Mill. Mark stellen.

Es möge nun die Beschreibung des Fiskal-Werks Vienenburg folgen, das als Gewerkschaft „Hercynia" in den 80er Jahren gegründet wurde. Das Werk liegt eine halbe Stunde nordwestlich vom Bahnhofe Vienenburg, mit dem es durch Zweigbahn verbunden ist, und erstreckt sich am Harlyberge entlang, der sich 256 m hoch erhebt. Bunter Sandstein, Muschelkalk und Pläner bilden mit einer bedeutenden Gipsein-

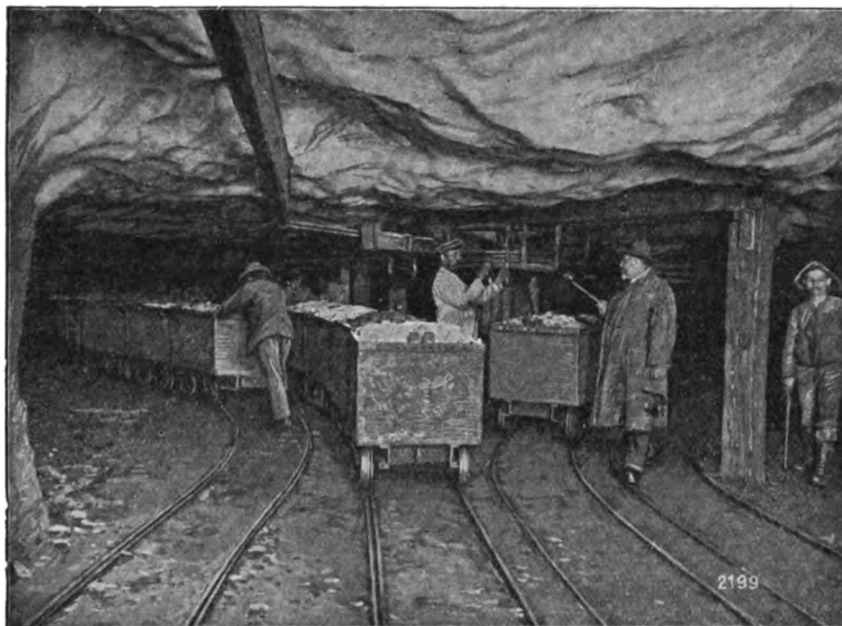


Fig. 3. Die mit Zechsteinsalzen beladenen Wagen auf dem Wege zum Förderschacht.

lagerung die Kämme des Harlyberges. Durch die im Buntsandstein in den 80er Jahren angesetzte Tiefbohrung wurde 310 m tief das Kalisalz erbohrt, sodann der Schacht Nr. I abgeteuft und bis 450 m niedergebracht. Ein zweiter Schacht, der jetzt gegen 600 m tief ist und hauptsächlich zur Förderung dient, wurde nach dreijähriger Arbeit 1897 fertiggestellt. Beide Schächte sind unterirdisch durch Tiefbausohlen miteinander verbunden.

Im Abbau dieses Werks stehen zwei Kalisalzlagerstätten, ein jüngeres und ein älteres Lager. Ersteres hat 35, letzteres im Durchschnitt 40 m Mächtigkeit, die jedoch stellenweise bis 100 m anschwillt. Das jüngere Lager besteht aus Carnallit, Sylvin und Sylvinit, das ältere aus Carnallit,

Digitized by Google

Kainit und Hartsalz. Zur Versorgung der weiten Grubenbaue mit frischer Luft (Wetter) dient ein riesiger Ventilator auf Schacht I, der durch eine Dampfmaschine angetrieben wird. Der Ventilator macht 56 Touren pro Minute und saugt in jeder Minute 1200 cbm verbrauchte Wetter aus den Gruben an. Die frische Luft fällt auf Schacht II ein, bestreicht nacheinander die verschiedenen Tiefbausohlen und wird dann durch Schacht I, der ca. 2 km entfernt ist, zutage geführt. Die Förderung der Salzwagen wird auf Schacht II durch eine Dampfmaschine von 550 Pferdestärken bewirkt. Die Förderschalen haben zwei Etagen, von denen jede zwei Wagen faßt, die hintereinander stehen. In achtstündiger Arbeitsschicht können 1400 Wagen, jeder mit 650 kg Salz, aus Tiefen von 4- bis 500 m gefördert werden. Schon 1901 belief sich die Jahresförderung des Werks auf 2 Mill. dz. Für die drei ersten Jahre konnte der Gewerkschaft eine Ausbeute von 17 Mill. Mk. ausgezahlt werden. Zum Bergwerk gehört außerdem eine elektr. Zentrale für Kraft- und Lichtbetrieb von 1000 P.S. Neben großen Reservemaschinen kommt außer Elektrizität noch Preßluft zur Verwendung. Neben Schacht II befindet sich ein bedeutender Grundbesitz, auf dem die stattlichen Gebäude für den Grubenbetrieb, ferner Wohnhäuser für den Direktor und Berginspektor, für die Steiger und andere Bergbeamte errichtet sind.

Es läßt sich begreifen, daß die preuß. Regierung eifrig danach strebte, dies einzig dastehende Werk in ihre Hände zu bringen, um im Syndikat eine führende Rolle zu behaupten. Nach langem Verhandeln kam vor $2^1/_2$ Jahren der Kauf gegen Zahlung von 30 Mill. Mk. an die Gewerkschaft „Hercynia“ zustande. Es ist dies wohl die größte Summe, die in Deutschland an Privatunternehmer für ihre glückliche Gründung von der preußischen Regierung ausbezahlt wurde.

Die königliche Berginspektion Vienenburg, vertreten durch die Herren Direktor Bergrat Wiefel und Berginspektor Herold, gestattete mir am 25. Mai 1907 das Befahren des Werks. Nach Anlegung von Grubenkleidern übernahm Herr Berginspektor Herold die Führung über Tage und erläuterte zunächst im Betriebsbureau an Karten und Profilen großen Maßstabes die Lagerung der Gebirgsschichten und den Abbau der Kalisalze. Im Förderhause wurden die aus der Schachttiefe kommenden Salze des Carnallits, Kainits und Sylvins besichtigt, die dort mittelst Wippe auf eine Schüttelroste geschüttet wurden, um das feine von dem groben Material zu trennen. Die groben Stücke werden durch Steinbrecher zerkleinert, worauf das Ganze im Mahlwerk zu Düngesalzen vermahlen wird. Das gemahlene Gut wird durch Elevatoren gehoben und teils den Eisenbahnwagen direkt zugeführt, teils in Säcke gefüllt und verschickt. Der Betrieb sucht hier überall durch maschinelle Tätigkeit

Digitized by Google

die menschliche Tätigkeit möglichst zu ersetzen. Damit beginnt der Traum des Aristoteles von selbsttätigen Maschinen sich zu verwirklichen. Trotzdem sind auf dem ausgedehnten Werke 650 Bergleute tätig. Auf einer elektrisch angetriebenen Kettenbahn gelangen andere Salze nach der nahen Chlorkaliumfabrik, während der Carnallit auf der chemischen Fabrik zu Langelsheim bei Goslar verarbeitet wird, wo die Endlaugen der Innerste zugeführt werden.

Nach Besichtigung der Anlagen über Tage ging es in Begleitung

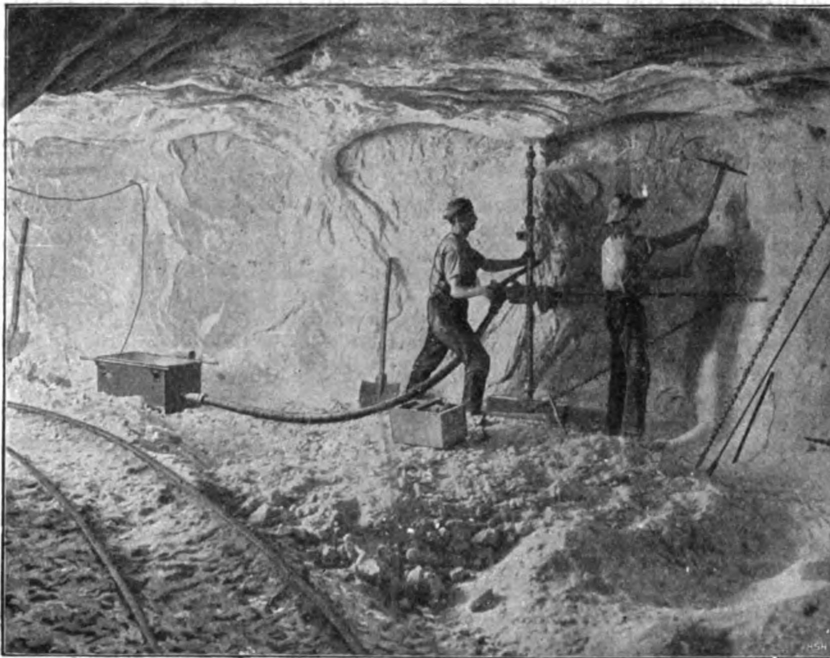


Fig. 4. Bohrbetrieb auf einer Tiefbausohle.

des Obersteigers Meise auf der Förderschale in die dunkle Tiefe, wo wir auf der dritten Sohle, 375 m unter Tage, abgesetzt wurden. Gegenüber der Gewinnung von Steinkohlen und Erzen ist die der Kalisalze meist sauberer und gefahrloser. Der Eindruck der Hohlräume, Hallen und Strecken im Bergwerk Hercynia ist mir unvergeßlich. Das Glitzern der Salzkristalle an den Wänden der Gewölbe, erleuchtet vom flackernden Grubenlicht, die Bohrarbeiten der Bergleute vor Ort, die durch Elektrizität oder Preßluft betriebenen Maschinen, die Vorrichtungen für die Wetterführung, zahlreiche mit Salz beladene Wagen, die im Wechsel mit leeren auf Schienen laufen —, alles ist neu und wirkt wie aus einer

Digitized by Google

anderen Welt mächtig auf die Sinne. Am Ende eines langen Querschlags begann von einer Bühne aus der weitere Abstieg auf 8—10 steilen Holzleitern mit ziemlich schlüpfrigen Sprossen bis zur IV. Tiefbausohle 430 m unter Tage. Hier machte sich die zunehmende Temperatur der geothermischen Tiefenstufe schon empfindlich bemerkbar. Die Bergleute verrichteten die Bohr-, Spreng- und Förderarbeit in möglichst geringer Bekleidung. Die mit Sprengpulver gefüllten Löcher in der Decke des Arbeitsorts werden abgefeuert, und riesige Salzmassen stürzen herab, die abgefahren und herausgeschafft werden. Dann beginnt das Ansetzen der Bohrmaschinen von neuem, und es entstehen Hallen von 30 m Länge, 15—20 m Breite und 6—7 m Höhe. Bei Anlage neuer Strecken werden die alten mit Abfall und taubem Gestein 4—5 m hoch ausgefüllt, und die Bohrarbeit wird oben an der Decke fortgesetzt. — Aus dieser Tiefe brachte uns der Aufzug nach dem Betreten der Förderschale in wenig Minuten wieder ans Tageslicht. Von den typischen Vienenburger Zechsteinsalzen sind hervorzuheben: jüngeres und älteres Steinsalz, weißer und rötlicher Sylvin, reiner Sylvinit und solcher mit blauem Steinsalz, jüngerer und älterer verschiedenfarbiger Carnallit, weißer und roter Kainit.

Nach der Beschreibung dieses so günstig arbeitenden Bergwerks sollen auch die vielen Widerwärtigkeiten des Kalibergbaus bei anderen Gründungen nicht verschwiegen werden. So umfaßt die Entwicklung des Kaliwerks „Hildesia" eine zehnjährige Leidensgeschichte. Südlich von Hildesheim liegt am Hildesheimer Walde das Dorf Diekholzen, in dem von 1894—97 fünf Tiefbohrungen mit Diamanten ausgeführt wurden. Bei einer dieser Bohrungen gelangte man in 400 m Tiefe zum Steinsalz, in 410 m folgte Kainit, in 421 m Carnallit, worauf wieder Steinsalz sich einstellte, dem dann Sylvin von seltener Reinheit mit 92% Chlorkalium folgte. Eine andere Bohrung mit ähnlicher Schichtenfolge wurde erst bei 1163 m Tiefe im Steinsalze abgebrochen.

Unter Führung des verstorbenen Baurats und Senators Wallbrecht zu Hannover, Mitglieds des Reichstags und preußischen Landtags, bildete sich auf Grund der Bohrergebnisse die Gewerkschaft „Hildesia". Das Abteufen des Schachts begann im Oktober 1897 mit einem lichten Durchmesser von 5,2 m. Er hatte im Mai v. J., also nach zehnjähriger Arbeit, eine Tiefe von 720 m erreicht. Der leitende Ingenieur Gräfe hielt der Kaliinteressenten-Versammlung im Mai 1907 über die bergmännischen Arbeiten am Schacht während dieser 10 Jahre einen Vortrag, aus dem ich nur einige Unfälle hervorheben will. Als der Schacht 187 m tief war, drangen gewaltige Wassermassen von 12prozentigem Salzgehalt ein, die man durch Einsetzen riesiger Pumpen zu bewältigen versuchte.

Digitized by Google

Trotzdem in jeder Minute 10 cbm Sole etwa 200 m hoch gehoben wurden, ließ sich der Schacht nicht entleeren. Da aber durch die eingepumpte Sole das Wasser der Innerste ganz versalzen wurde, erfolgte ein Verbot der Behörde. Nun wurde der Schacht nach der Methode Kind-Chaudron abgeteuft und der Zufluß durch Zement gedichtet, der unter einem Druck von 80 Atm. abgesetzt wurde. Nach $4^1/_2$jähriger Arbeit unter harten Geduldsproben war der Schacht endlich wasserleer. Aber bei Fortsetzung der Teufe erfolgte in 326 m Tiefe ein neuer



Fig. 5. Förderwagen mit elektrischem Betrieb.

Wassereinbruch, und ein Riesenaufwand von Geld, Zeit und Mühe war vergeblich gewesen. Dennoch ist eine Reihe solcher aufregenden Momente mit zäher Ausdauer überwunden, so daß das Werk im letzten Sommer endlich zur Förderung übergehen konnte.

Von einer großen Anzahl Bohrungen in der Umgegend von Celle sind außer Oldau nur noch 2 kalifündig geworden. Zu diesen gehört die Aktien-Gesellschaft „Niedersachsen", deren Werk beim Dorfe Wathlingen an der Fuse, 10 km östlich von Celle, im Abteufen begriffen ist. Auch ist bereits ein günstiger Eisenbahnanschluß nach der Station Ehlershausen der Hannover-Celler Bahn erfolgt; aber am 21. Juni v. J.

Digitized by Google

wurde ein Wassereinbruch [gemeldet, weil das Gefrierverfahren mißglückte. Ob der Bruch überwunden ist, steht dahin; nach der letzten Mitteilung hoffte man jedoch, damit in einigen Monaten fertig zu werden.

Von den drei Kaliwerken im Herzogtum Braunschweig florierte seit 1901 die Gewerkschaft „Asse" bei Wolfenbüttel, an der die Braunschweigische Regierung mit beteiligt ist. Auch hier entstand im vorigen Frühjahr ein Wasserdurchbruch, der das Werk zunächst außer Betrieb setzte, was in der Bergmannssprache heißt: es ist ersoffen. Die Erwähnung dieser typischen Schwierigkeiten und Unfälle, die bei anderen Werken auch nicht ausblieben, möge genügen.

Gehen wir nun zu den wirtschaftlichen Verhältnissen der Kaliindustrie über. Deutschland ist bislang im Alleinbesitz des für die Landwirtschaft so wichtigen Düngemittels der Kalisalze. Diese sollen hauptsächlich dazu dienen, Stärkemehl und Zucker in der Pflanzenzelle zu bilden. Schon die Rohsalze wie Kainit, Sylvinit und Carnallit eignen sich zur Düngung unserer Kulturpflanzen, aber die beiden letzteren beschränken sich auf bestimmte Pflanzenarten. Von den Fabrikaten besitzt das Chlorkalium die größte Konzentration und hat daher besondere Bedeutung für die künstliche Düngung, hauptsächlich zum Export. Wissenschaft und Erfahrung lehrten, daß mit der Kalidüngung noch eine Zufuhr von Phosphorsäure und Stickstoff Hand in Hand gehen muß. Jede Ernte von Rüben, Klee, Kartoffeln, Roggen oder Weizen entzieht dem Boden diese Mineralstoffe; ebenso jede Flocke Baumwolle, jedes Tabaksblatt oder Maiskorn. Verbrennt man Baumwolle, Tabak oder die anderen genannten Stoffe, so finden sich Kali, Phosphorsäure und Stickstoff-Verbindungen in der Asche. Soll der Boden fruchtbar bleiben, so muß der Dünger diese verlorenen Stoffe ersetzen.

Vor 30 Jahren ernteten die Vereinigten Staaten ca. 7 Mill. Ballen Baumwolle, während im Jahre 1906 die Ernte fast auf die doppelte Anzahl Ballen stieg. Aber die Erträge der Baumwolle erzeugenden Äcker nehmen alljährlich mehr und mehr ab, und mancher Acker gibt heute höchstens noch $^2/_3$ der früheren Ernte. Die große Vermehrung ist nur durch eine ungleich größere Anbaufläche erzielt worden, durch den stetig zunehmenden Gürtel des „Cotton belt". Der Boden erschöpft sich und kann die alte Fruchtbarkeit nur durch Zufuhr künstlichen Düngers bewahren. Dasselbe gilt für sämtliche Kulturgewächse, weshalb alle Kulturländer Deutschland für Kalisalze tributpflichtig sind.

Außer Kalidünger liefern die Kalisalze fast sämtliche Rohprodukte für die Gewerbe, Hauswirtschaft, Pharmazie und Medizin. Die salpetersauren, schwefel-, kohlen-, chromsauren usw. Salze dienen zur Bereitung des Schießpulvers, des Glases, der Seife usw. und spielen in der Färberei

Digitized by Google

und Farbenindustrie eine große Rolle. Im ersten Bande der pharmazeutischen Chemie von Schmidt werden schon 1898 über 150 Verbindungen und Salze des Kalis aufgeführt und beschrieben. Von einem derselben, dem Cyankalium, das fein verteiltes Gold auflöst und zur Aufbereitung der Golderze gebraucht wird, lieferte eine deutsche Firma schon vor Jahren mehrere tausend Doppelzentner nach Johannesburg in Südafrika. Durch die Kalisalze blühte in Deutschland eine mächtige chemische Großindustrie auf, die bekanntlich die bedeutendste auf dem



Fig. 6. Ansicht eines Kalibergwerks mit Fördergerüst.

ganzen Erdenrund ist. Laut Angabe des Kaiserlichen Statistischen Amtes sind im Jahre 1906 gefördert:

an Kalisalzen	51 294 393 dz	im Werte von rund	65 Mill. Mk.
an Steinsalz	10 260 000 „	„ „ „ „	6 „ „
zusam. an Zechsteinsalzen	61 554 393 dz	im Werte von rund	71 Mill. Mk.

Durch weitere Verarbeitung und Veredelung wird der Wert sicher auf das Vierfache der letzten Summe steigen.

An seltenen chemischen Elementen sind in Kalisalzlagern nachgewiesen: Brom, Cäsium, Rubidium, Thallium und Lithium; ferner Verbindungen wie Kohlendioxyd, CO_2, Schwefelwasserstoff, H_2S, und ver-

Digitized by Google

schiedene Kohlenwasserstoffe, außerdem 46 Mineralien. Das merkwürdigste unter diesen ist das blaue Steinsalz, das 1862 zuerst in Leopoldshall, dann auch in Staßfurt und Vienenburg gefunden wurde. Über die Ursache der blauen Färbung ist wohl ein Dutzend verschiedener Ansichten von den bedeutendsten Mineralogen: Kenngott, Dana, Ochsenius, Bischof usw. geäußert, bis endlich Dr. Siedentopf, Physiker am Zeißschen Institute zu Jena, durch ultramikroskopische Untersuchung nachwies, daß Partikel des metallischen Natriums im kolloidalen Zustande diese Färbung bewirken. Löst man blaues Steinsalz in ausgekochtem Wasser auf, so entwickeln sich unendlich viele Bläschen von Wasserstoff, was Elster und Geitel zuerst beschrieben haben.

Das Kalisyndikat.

Die stürmisch vorwärts drängende Entwicklung der Kaliindustrie kann eines einheitlichen Zügels nicht entbehren. Die Kalisalze sind stark lokalisiert und ihre Reichhaltigkeit ist wechselnd. Ein einziger Besitzer kann schon einen erheblichen Teil des ganzen Bedarfs decken. Ein so ungesundes Verhältnis stört das Gleichgewicht. Dazu kommen noch die Qualitätsunterschiede, nach denen man alle Salze bezüglich ihrer Güte und des Reichtums an Kali in fünf Gruppen geteilt hat. Künstlich lassen sich aber die geringen Salze in der Fabrik anreichern und mit den besten auf gleiche Höhe heben. Jedes neue zur Förderung gelangende Werk unterbietet die Preise. Diese bedauerliche Verschleuderung unserer wertvollen Salze wird durch das Syndikat verhindert. Durch den Zusammenschluß von fiskalischen und Privatwerken hat der Handel mit diesen Erzeugnissen den Weltmarkt erobert. Der letzte Syndikatsvertrag datiert vom 1. Juli 1904, ist auf 5 Jahre bis zum 1. Januar 1910 abgeschlossen und enthält 76 Paragraphen. Eine Zuwiderhandlung wird mit einer Strafe von 300000 Mk. gesühnt; über diese Summe hat jedes Privatwerk einen Sicherheitswechsel niedergelegt. Stets macht die Syndikatserneuerung große Schwierigkeiten, da die jüngeren Werke mit den älteren auf Parität zu kommen trachten. Noch zu Anfang des Jahres 1902 betrug die Zahl der Syndikatsmitglieder nur 20, hat also im kurzen Zeitraum von sechs Jahren sich mehr als verdoppelt. Von der auf 1000 Teile berechneten Gesamtförderung entfielen für das Jahr 1907 auf den preußischen Fiskus 100 Anteile, auf den anhaltinischen 45, bis herunter zu den geringsten Teilhabern mit 15—17 Anteilen. Durch den Beitritt neuer Werke verringert sich der Anteil und damit naturgemäß auch der Geldwert der einzelnen Werksanteile. Nur ein vermehrter Absatz kann hier wieder ausgleichend wirken. Das Syndikat hat da-

Digitized by Google

her für Propagandazwecke erhebliche Mittel aufgewandt, die im Jahre 1907 sich auf 1 750 000 Mk. beliefen. Diese Summe soll demnächst noch erhöht und das Verfahren namentlich mehr im Sinne der kaufmännischen Praxis ausgebildet werden.

Um den Absatz im Auslande zu fördern, hat das Syndikat seit Anfang dieses Jahres eine Filiale in Hamburg eingerichtet, die unter Leitung des Direktors Schüddekopf steht. In einem eigenen Museum ist der Einfluß des Kalidüngers auf alle Kulturgewächse wissenschaftlich und praktisch dargestellt und durch Modelle, Abbildungen, Photographien, graphische Pläne und Übersichten anschaulich erläutert. Der unfruchtbare Moorboden und der ärmste Sandboden läßt sich durch den richtigen Dünger fruchtbar machen, während Kalimangel Pflanzenkrankheiten, Mißwachs und Mindererernten erzeugt. — Zahlreiche Schriften und Broschüren in deutscher, englischer und spanischer Sprache stellt das Syndikat den Interessenten zu Gebote, z. B. „Die Notwendigkeit der Kalidüngung für die Landwirtschaft, Cotton Culture, Staßfurt Industry, Die Bedeutung des Kalis für den Tabakbau und Kaffeebau, Kalidüngung der Gewächse in den Tropen und Subtropen, Kalimangel auf Moorboden bei Klee und Gras."

Auch Bremens Anteil an der Ausfuhr von Kalisalzen ist von Jahr zu Jahr gewachsen, namentlich durch die Bestrebungen des Norddeutschen Lloyd. Dieser förderte die Anlagen von Umschlagstellen für Schiffsladungen in Celle, Hannov.-Münden, Hameln und anderen Weserplätzen. Vier Werke verladen ihre Kalisalze schon jetzt nach Celle, und acht neue Werke sind im Bau, die ausschließlich auf die Aller angewiesen sind. In Hameln hat eine Bremer Firma Einrichtungen getroffen und Lagerräume beschafft, so daß ein Umschlag von 600 Tons loser Kalisalze täglich verladen werden kann. Nach den Mitteilungen der Handelskammer betrug Bremens Ausfuhr an Düngesalzen im vorigen Jahre 2 758 539 dz im Werte von 17 741 000 Mk. Mitte Juni vorigen Jahres lagen drei englische Dampfer im Bremer Freihafen, um Kalisalze für die Vereinigten Staaten zu laden. An Bord des einen erfuhr ich von Kapitän Sullivan, daß sein Schiff 6¼ m Tiefgang habe und bereits aus den Bockschiffen von Münden, Hameln und Celle 3000 Tonnen Kalisalze aufgenommen habe, die für Norfolk in Virginien bestimmt seien. Für zahlreiche neue Kaliwerke stellt sich bei der Ausfuhr zugunsten Bremens gegen Hamburg eine bedeutende Frachtdifferenz heraus, was für das Aufblühen der Industrie und den vermehrten Verbrauch von Bedeutung ist.

Das Recht zur Aufsuchung und Gewinnung der Kalisalze ist von den meisten deutschen Bundesstaaten während der letzten Jahre zu

Digitized by Google

einem Regal erklärt, indem das Verfügungsrecht über die Mineralschätze im Boden den Grundeigentümern durch das Gesetz entzogen wurde. Die Aufsuchung und Gewinnung dieser Mineralien steht allein dem Staate zu. Hamburg erließ dies Gesetz am 25. Juni 1906, Bremen am 19. Juli 1906, Preußen am 18. Juni 1907 und Oldenburg im März 1908. Auch die bayrische Regierung will durch ein neues Gesetz größeren Einfluß auf das Bergwerkswesen gewinnen.

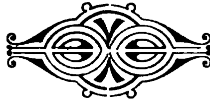
Die bisherige Annahme, daß der Nordwesten Deutschlands allein im Besitz reicher Lager von Kalisalzen sei, ist kürzlich durch einen Bericht des Bezirkspräsidenten im Oberelsaß widerlegt worden. Nach der Bergwerkszeitung ist ein ungefähr 200 qkm großes Gebiet zwischen Sulz und Regisheim im Norden und Niedermorschweiler bei Mülhausen im Süden durch mehr als 60 kalifündige Bohrungen aufgeschlossen. In den Steinsalz führenden Schichten, die 200 m mächtig sind und der Tertiärformation angehören, fand man ein oberes Kalilager von einem Meter und ein unteres von 5 m Mächtigkeit in einer Gesamttiefe von 500—700 m. Beim oberen Vorkommen steigt der Gehalt an Chlorkalium bis zu 43 %, beim unteren, das 25 m tiefer liegt, tritt das Chlorkalium mit 25—30 % auf. Gegen Süden und Osten findet jedoch eine Abnahme des Gehalts statt. Ein erstes Kaliwerk soll bereits in aller Stille im Elsaß gegründet sein und im Abteufen gute Fortschritte gemacht haben. — Das bekannte Vorkommen von Kalisalzen des Carnallits und Kainits im Steinsalz von Kalusz in Galizien scheint bislang in der bergmännischen Gewinnung keine Rolle zu spielen. Wer weiß, welche Überraschungen in dieser Beziehung die Zukunft noch bringt.

Nachschrift.

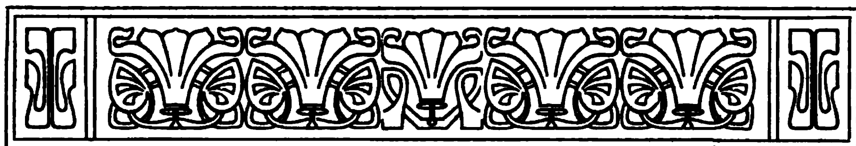
Die „Weserzeitung“ vom 4. Januar d. J. bringt folgenden Bericht der Bohrgesellschaft „Freie Hansestadt Bremen“, die Bohrungen im Bremer Gebiet und Umgegend beabsichtigt. „Nachdem wir bei 210 m Tiefe Salzauslaugungen mit Kalispuren im Bohrloche hatten, ist jetzt bei 428 m die entscheidende Triasformation (Salzregion) angetroffen. Von 428 m ab hatten wir Letten, von 470 m ab Letten mit Gips und Buntsandsteinbänken bis zur jetzigen Tiefe von 481 m.“ Diese Tiefbohrung zwischen Delme und Ochtum in der oldenburgischen Gemeinde Hasbergen ist indessen einige Wochen später aus Mangel an Mitteln eingestellt worden. Ähnliche Bohrversuche, im Regierungsbezirk Stade Kalisalze zu erschließen, blieben jüngst erfolglos, wie zu Gestenseth bei Beverstedt. Ebenso waren zwei frühere Bohrungen vergeblich,

Digitized by Google

die Kasten aus Steinförde schon vor 20 Jahren bei Stendorf und Wollah nördlich von Bremen bis 300 m Tiefe ausführte. Zahlreiche andere Bohrversuche, die in Bremen und Umgegend zur Wasserversorgung während des letzten Dezenniums bis 254 m tief hinabgeführt wurden, ergaben nur Wasser mit 3 bis 5% Kochsalz, aber kaum Spuren von Kalisalzen. Trotzdem wurden die Kalibohrungen, die erst seit 1908 durch die Finanzkrise ins Stocken gerieten, vielerorten fortgesetzt.



Digitized by Google



Über die Beeinflussung der Leuchtkraft und der Lebensdauer elektrischer Glühlampen durch Mattierung.

Von Dr. **Max Iklé** in Berlin.

Im letzten Hefte des 18. Jahrganges dieser Zeitschrift habe ich unter der Überschrift „Einiges über die Beeinflussung der Leuchtkraft und der Lebensdauer elektrischer Glühlampen durch Mattierung und durch Anwendung von Schutzglocken“ über die Ergebnisse einer Reihe von Versuchen berichtet, die seitens der Herren J. R. Cravath und V. R. Lansingh über diesen Gegenstand angestellt worden waren (vgl. diese Zeitschrift **18**, 573—574, 1906). Seither haben die Herren E. P. Hyde und F. E. Cady am National Bureau of Standards in Washington den Einfluß des ersten der beiden Faktoren, also der Mattierung, noch eingehender untersucht und nunmehr im „Bulletin of the Bureau of Standards“ (**4**, 91—120, 1907) über die Ergebnisse ihrer einschlägigen Arbeiten ausführlich Bericht erstattet. Bei dem hohen praktischen Interesse, welches dieser Gegenstand beanspruchen darf, scheint es mir angebracht, hier auch das Wesentlichste aus dieser neueren Veröffentlichung mitzuteilen, um so mehr, als die Herren Hyde und Cady sich auch bemüht haben, den Ursachen des Einflusses der Mattierung nachzuspüren.

Die Arbeit, welche seitens der Verfasser als noch keineswegs erschöpfend bezeichnet wird, zielt auf die Beantwortung dreier Hauptfragen ab, nämlich:

1. Welchen Einfluß hat das Mattieren des Glases auf die Absorption?

Digitized by Google

2. Wie wird durch das Mattieren die Lichtverteilung beeinflußt?
3. Welchen Einfluß übt das Mattieren auf die Lebensdauer der Glühlampe aus?

Sämtliche Versuche beziehen sich auf Kohlefadenglühlampen, aber auf solche von den verschiedensten Formen des Fadens. Für unsern Zweck erübrigt es sich, diese Formen im einzelnen zu beschreiben, auch braucht auf die Herkunft der einzelnen Lampen, die einer ganzen Reihe verschiedener Fabriken entstammen, hier nicht weiter eingegangen werden. Es genügt hier der Hinweis darauf, daß die Verfasser sich bemüht haben, ihre Untersuchungen so allgemein wie nur irgend möglich zu gestalten. Um volle Objektivität zu wahren, wurden stets Lampen gleicher Herkunft und gleicher Fadenform untereinander verglichen.

Ebenso kann hier auf eine genaue Beschreibung der photometrischen Methoden verzichtet werden, nach denen die mittlere sphärische und mittlere horizontale Lichtstärke bestimmt wurden. Die Verfasser haben alle erdenklichen Vorsichtsmaßregeln angewandt, um ihre Messungen nach jeder Hinsicht einwandfrei zu gestalten.

Für die Untersuchung des Einflusses einer Mattierung auf die Absorption wurden von jeder Lampensorte fünfundzwanzig Exemplare benutzt. Alle Lampen waren für 110 Volt bei 16 Kerzenstärken gebaut. Sie wurden direkt aus den Fabriken bezogen und vor der Untersuchung so lange gealtert, bis angenommen werden konnte, daß eine Änderung der Kerzenstärke infolge der Brenndauer im Verlaufe der Untersuchung nicht mehr eintreten würde. Dann wurden von jeder Sorte einige Lampen auf mittlere horizontale und auf mittlere sphärische Lichtstärke geeicht, um bei den späteren Versuchen als Vergleichslampen zu dienen; die übrigen wurden an die Fabriken zurückgesandt und dort mattiert. Die Mattierung erfolgte im allgemeinen durch Ätzung, nur von zwei Sorten wurde ein Teil auch im Sandgebläse mattiert. Nach der Rückkehr aus der Fabrik wurden die Lampen wieder hinsichtlich ihrer mittleren horizontalen wie der mittleren sphärischen Lichtstärke mit den klar gebliebenen Vergleichslampen ihrer Gattung verglichen. Die Abnahme der mittleren sphärischen Helligkeit, die sich hierbei ergab, wurde als Absorptionsänderung infolge des Mattierens angesprochen. Daß die Verfasser hier von einer Absorptionsänderung und nicht von einer Absorption schlechtweg reden, geschieht offenbar mit gutem Grund, wie folgende von ihnen angestellte Überlegung zeigt: Bei jeder Glühlampe, selbst wenn sie nicht mattiert und noch ganz neu ist, also auf der Innen-

Digitized by Google

wand des Glases noch keinen Kohleniederschlag enthält, wird das Glas selbst einen gewissen Betrag der Lichtstrahlung absorbieren. Daß die Mattierung an sich durch Auslöschung Licht absorbiert, kann man schwerlich behaupten, vielmehr wird durch sie nur das Licht diffus gemacht. Dadurch wird aber ein Teil der Lichtstrahlung, die bei klarer Lampe die Wandung nur ein einziges Mal durchquert haben würde, nunmehr gezwungen, dreimal und fünfmal, ja vielleicht noch öfter, durch die Glaswandung der Birne und den etwa auf ihrer Innenseite vorhandenen Kohleniederschlag hindurchzugehen. Bei einem jeden solchen Durchgang erfährt sie aber eine Absorption von bestimmtem Betrage, so daß schließlich die Absorption in der mattierten Glaswand stärker sein wird als in der matten, ohne daß diese Absorption unmittelbar der mattierten Oberfläche selbst zugeschrieben werden müßte.

Bei den verschiedenen Lampensorten, welche von den Herren Hyde und Cady in dieser Richtung untersucht worden sind, schwankte die Absorptionsänderung zwischen 3,8 und 7,5 v. H. Im Durchschnitt betrug sie 5,7 v. H. Bei den zwei Sorten, die teilweise durch Atzen, teilweise im Sandgebläse mattiert worden waren, zeigten stets die im Sandgebläse mattierten Lampen eine stärkere Absorptionsänderung als die geätzten. Immerhin war dieser Unterschied bei einer Sorte viel geringer als bei der anderen. Bei näherer Betrachtung erwies sich denn auch im ersteren Falle das Korn der im Sandgebläse erzeugten matten Oberfläche viel feiner als im anderen, dergestalt, daß ein Unterschied gegen das Korn der geätzten Birnen kaum festgestellt werden konnte. — Die bei diesen Messungen erzielte Genauigkeit meinen die Autoren auf 1 v. H. beziffern zu dürfen. —

Wie wird nun die Lichtverteilung durch das Mattieren der Glühlampe beeinflußt? Man könnte zunächst versucht sein, anzunehmen, daß durch das Mattieren auf jeden Fall eine gleichförmigere Lichtverteilung erzielt werden würde, daß mit andern Worten der sphärische Reduktionsfaktor — d. h. das Verhältnis zwischen der mittleren sphärischen und der mittleren horizontalen Lichtstärke — sich der Einheit nähern würde. Diese Voraussetzung trifft indessen nicht zu. Hierbei spielt die Form der Birne (wenn es gestattet ist, die Glashülle der Glühlampe, ohne Rücksicht auf ihre wirkliche Gestalt, durchweg als Birne zu bezeichnen) eine wesentliche Rolle. Wenn wir die Annahme machen dürften, daß erstens die mattierte Oberfläche als vollkommen matt wirken würde, d. h., daß sie gar kein Licht direkt hindurchlassen, sondern alle Strahlung diffus zerstreuen würde, daß ferner der

Digitized by Google

Kohlefaden derartig angeordnet wäre, daß die ganze mattierte Lampenoberfläche gleichmäßig hell würde, dann würden wir in der Lage sein, die Lichtverteilung rings um die Lampe mit einiger Sicherheit vorhersagen zu können. Für zwei Lampenformen führen die Verfasser diese Annahme durch: Eine kugelförmige Lampe würde nach allen Richtungen eine vollkommen gleichmäßige Lichtverteilung geben; der sphärische Reduktionsfaktor würde 1 werden. Bei einer Lampe, welche die Gestalt eines langen und dünnen Zylinders hätte, würden wir unter den genannten Voraussetzungen in einer Richtung senkrecht zur Zylinderachse die größte Helligkeit finden, und diese würde mehr und mehr abnehmen, je weiter wir uns dem Ende des Zylinders näherten; der Reduktionsfaktor würde annähernd 0,79 werden. — Bei den mattierten Glühbirnen der Praxis trifft nun keine unserer beiden Voraussetzungen zu: die Mattierung ist durchaus nicht vollkommen, und die Gestalt des Kohlefadens liefert durchaus keine gleichförmige Beleuchtung der Birne. Das Problem wird aber dadurch noch wesentlich verwickelter, daß die Form der Lampe, d. h. ihres Glaskörpers, keineswegs geometrisch einfach ist, und daß gerade diese Form von entscheidendem Einfluß auf die Helligkeitsverteilung ist, zeigen weitere Versuche der vorliegenden Arbeit. — Um den Einfluß der Mattierung auf die Helligkeitsverteilung zu zeigen, schlugen die amerikanischen Forscher zwei Wege ein: einmal verglichen sie den sphärischen Reduktionsfaktor, wie er sich vor und nach dem Mattieren ergab; zweitens nahmen sie für die klare wie für die mattierte Lampe die Verteilungskurve auf, ein Verfahren, welches eine sehr große Anzahl von Beobachtungen verlangt. Bei keiner der untersuchten Lampensorten war die Änderung des Reduktionsfaktors groß; der höchste Wert dieser Änderung war bei einer nach unten brennenden Lampe zu finden und betrug 5,5 v. H. Der Reduktionsfaktor der mattierten Lampe war in allen Fällen kleiner als der der klaren. Daraus folgt, daß durch die Mattierung die mittlere horizontale Lichtstärke weniger beeinträchtigt wird als die mittlere sphärische. Die Zahlen zeigen aber auch, daß die Änderung der mittleren horizontalen Lichtstärke kein Bild von der durch die Mattierung tatsächlich hervorgerufenen Absorption gibt.

Die Vergleichung des sphärischen Reduktionsfaktors für die klare und für die mattierte Lampe veranschaulicht aber noch nicht die Änderung der Lichtverteilung. Die Herren Hyde und Cady haben nun für eine große Anzahl verschiedener Lampen die Verteilungskurven aufgenommen. Sie haben sich für diese Untersuchungen auch eine Reihe von Lampen in besonderen Formen -- kugelförmig, zylin-

Digitized by Google

drisch usw. — herstellen lassen und sowohl diese Lampen, als auch sonst ganz gleiche der gewöhnlichen Birnenform klar und mattiert untersucht. Hier kann nur darauf hingewiesen werden, daß die Originalveröffentlichung eine große Reihe der so erhaltenen Kurven wiedergibt. Es ist aber im Rahmen dieses Berichtes nicht angängig, auf die Ergebnisse, die sowohl den Einfluß der Gestalt der Glashülle, wie den der Fadenform und den der Mattierung auf die Helligkeitsverteilung veranschaulichen, im einzelnen einzugehen. Indessen mag hier eine Bemerkung der Verfasser Beachtung finden. Es wird darin darauf hingewiesen, daß, wie allgemein anerkannt, die richtige Grundlage für die Vergleichung von Lampen mit verschiedener Helligkeitsverteilung das Verhältnis des gesamten, von der Lampe emittierten Lichtflusses zu der ihr zugeführten Energiemenge bilden muß, daß hierzu aber eine Bestimmung dieses Lichtflusses oder der mittleren sphärischen Kerzenstärke nötig sei, und daß dafür Photometer, die sich für den praktischen Gebrauch verwendbar zeigen, bislang fehlen. Solange aber diesem Mangel nicht abgeholfen ist, kann die Ermittelung des mittleren sphärischen Reduktionsfaktors als nahezu vollwertiger Ersatz betrachtet werden, denn zahlreiche Untersuchungen haben zu dem Ergebnis geführt, daß bei einer und derselben Lampensorte der Wert dieses Reduktionsfaktors für die einzelnen Lampen nur ganz unbedeutende Schwankungen aufweist.

Wir kommen nun zur dritten Frage, zur Frage nach der Beeinflussung der Lebensdauer. Als nutzbare Lebensdauer soll die Brenndauer gelten, innerhalb welcher die mittlere horizontale Kerzenstärke einer Lampe auf 80 v. H. ihres Anfangswertes sinkt, als volle Lebensdauer die Brenndauer bis zur Zerstörung (Durchbrennen) des Kohlefadens. Im allgemeinen gilt schon lange die nutzbare Lebensdauer einer mattierten Glühlampe als etwas mehr als die Hälfte einer sonst gleichen klaren. Zur Erklärung für diese Verringerung der Lebensdauer hat man angenommen, daß die Temperatur der mattierten Lampe infolge gesteigerter Absorption der Strahlung in der Glaswandung höher sei. Dann aber müßte auch die volle Lebensdauer der mattierten Lampe kürzer sein als die der klaren; indessen haben eingehende Untersuchungen des Herrn S. E. Doane im Laboratorium der National Electric Lamp Company ergeben, daß dies durchaus nicht der Fall ist. Die Herren Hyde und Cady geben nun eine andere Auslegung, die wohl geeignet sein dürfte, den beobachteten Unterschied, wenigstens zum größten Teil, zu erklären. Es möge deshalb diese Überlegung hier etwas ausführlicher wiedergegeben werden:

Digitized by Google

In einer gewöhnlichen klaren Lampe wird die Glashülle einen bestimmten — an sich geringen — Bruchteil des gesamten, von dem Kohlefaden ausgestrahlten Lichtes absorbieren. Wird die Lampe mattiert, so wird ein Teil der Strahlung durch das Glas diffus zurückreflektiert, wie wir schon oben erörtert haben. Ein verhältnismäßig großer Teil der gesamten Lichtstrahlung wird also mehrmals die Glashülle durchdringen müssen und dabei jedesmal von neuem einen Verlust durch Absorption erfahren. Infolgedessen werden mattierte Birnen eine um etwa 5 v. H. stärkere Absorption zeigen als klare. Mit der Zeit wird nun aber auch auf der Innenseite der Birne eine Schicht von Kohle niedergeschlagen, und die Wirkung dieses seinerseits nicht unbeträchtlich absorbierenden Niederschlages kommt einer großen Steigerung des Absorptionskoeffizienten des Glases gleich. Bei längerer Brenndauer, also gesteigertem Absorptionskoeffizienten der Glashülle, muß sich demnach die diffus reflektierende Wirkung der Mattierung immer stärker geltend machen. Die Helligkeit der mattierten Lampe wird somit trotz gleicher Helligkeit des Kohlefadens schneller auf 80 v. H. des Anfangswertes sinken als die der klaren.

Praktische Versuche zur Prüfung dieser Erklärung ergaben folgendes: Neue Lampen büßten durch Mattätzen 4 v. H. ihrer mittleren horizontalen Lichtstärke ein, alte Lampen, d. h. solche, die bereits nur noch 80 v. H. ihrer Anfangsstärke besaßen, verloren 18 v. H. Eine einfache Berechnung zeigt, daß die gegebene Erklärung für eine Abnahme der nutzbaren Lebensdauer mattierter Lampen um 30 bis 40 v. H. wohl aufzukommen vermag.

Um etwaige andere für die Herabsetzung der nutzbaren Lebensdauer in Betracht kommende Faktoren zu finden, wählten die Herren Hyde und Cady aus einer großen Anzahl klarer Lampen fünf Gruppen aus, die als *A*, *B*, *C*, *D*, *E* bezeichnet werden mögen. Von allen Lampen wurde die anfängliche mittlere horizontale Kerzenstärke bestimmt. Dann wurden die Gruppen *B* bis *E* zwecks stufenweiser Alterung mit etwas Überspannung gebrannt, und zwar Gruppe *B* 9 Stunden, Gruppe *C* 37 Stunden, Gruppe *D* und *E* 78 Stunden lang. Die Helligkeit der letztgenannten Gruppen sank dabei bis auf 83 v. H. Gruppe *A* bis *D* wurden danach zum Mattätzen an die Fabrik gesandt und nach der Rückkehr wieder auf mittlere horizontale Lichtstärke untersucht. Alsdann wurden Gruppe *A*, *B* und *C* weiter „gealtert", bis auch ihre Brennzeit auf 78 Stunden gestiegen war. Eine Übersicht über die Ergebnisse der nun folgenden erneuten Messung der Lichtstärke wird durch nachstehende Tabelle gegeben:

Digitized by Google

	Mittlere horizontale Kerzenstärke					Mittlere sphärische Kerzenstärke	
	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*A*	*D*
Anfangsstärke im Durchschnitt	15,31	15,29	15,15	15,26	15,29	12,61	12,62
Nach 0 Stunden klar	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Nach 0 Stunden matt.	**98**					**98**	
Nach 9 Stunden klar		99					
Nach 9 Stunden matt.		**95**					
Nach 37 Stunden klar			94				
Nach 37 Stunden matt.	86	85	**87**				
Nach 78 Stunden klar				83	83		82
Nach 78 Stunden matt.	72	72	73	**73**		70	**70**
Horizontaler Absorptionskoeffizient infolge Mattierens	2% nach 0 Brennstunden	4% nach 9 Brennstunden	7% nach 37 Brennstunden	12% nach 78 Brennstunden			

Die Zahlen dieser Tabelle lehren, daß der Mattierungsprozeß auf die „Lebenskurve“ des Kohlefadens keinen merklichen Einfluß ausübt, daß vielmehr die kürzere nutzbare Lebensdauer mattierter Lampen einzig und allein der gesteigerten Lichtabsorption im Kohleniederschlag bzw. im Glase selbst zuzuschreiben ist.

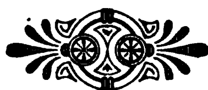
Daß auch die totale Lebensdauer der Lampe, also die Lebensdauer des Fadens, von der Mattierung unabhängig ist, zeigte ein Versuch mit den Lampen aller fünf Gruppen, welcher keine Herabsetzung der totalen Lebensdauer durch früheres Ätzen erkennen ließ.

Am Schlusse meines eingangs erwähnten Berichtes über die Untersuchungen der Herren Cravath und Lansingh hatte ich die Vermutung geäußert, daß vielleicht durch das Ätzverfahren eine Verschlechterung des Vakuums in der Birne eintreten und dadurch die Lebensdauer der Lampe verringert werden könnte. Nach den Versuchen der Herren Hyde und Cady erscheint mir diese Erklärung nicht mehr haltbar.

Ich möchte zum Schlusse noch auf einige hochinteressante Fragen hinweisen, deren die Herren Hyde und Cady Erwähnung tun, und deren Lösung sie durch weitere Untersuchungen zu erreichen hoffen. Aus den hier erörterten Betrachtungen würde sich als notwendige Folgerung ergeben, daß Glühlampen, deren Faden keinen absorbierenden Niederschlag auf der Innenseite der Birne bildet, durch Mattieren keine Beeinträchtigung ihrer nutzbaren Lebensdauer erleiden und in

Digitized by Google

ihrem Wirkungsgrad nur unmerklich beeinflußt werden müssen. Diese Folgerung soll durch entsprechende Versuche an Metallfadenglühlampen geprüft werden. — Ferner ergibt sich die Frage nach der zweckmäßigsten Gestalt und Größe klarer und mattierter Glühlampen. Eine Vergrößerung der Oberfläche der Birne würde vermutlich bei mattierten Lampen die nutzbare Lebensdauer verlängern. Auch die Frage nach dem Verhalten teilweise mattierter Lampen ist praktisch von hohem Interesse. Alle diese Fragen sollen eingehend erörtert werden. Vielleicht wird sich seinerzeit Gelegenheit bieten, den Lesern dieser Zeitschrift auch über die Ergebnisse dieser weiteren Untersuchungen der Herren Hyde und Cady Bericht zu erstatten.



Digitized by Google



Grünes Gold und blaues Gold.

Bereits im Jahre 1902 hat Herr L. Houllevigue gelegentlich seiner Untersuchungen über die mittels Ionenzerstäubung gewonnenen Metallbelegungen die auffallende Beobachtung gemacht, daß man bei solchem Verfahren, je nach den Umständen, zwei verschiedene Arten dünner Goldhäutchen auf Glas niederschlagen kann. Man erhält nämlich einmal einen Goldüberzug, der im durchscheinenden Licht ausgesprochen grün, im auffallenden gelb erscheint, also in optischer Beziehung durchaus dem Blattgold ähnelt. Die andere Art des Goldniederschlages erweist sich im reflektierten Lichte schwächer gelb gefärbt als die erstere, im durchfallenden deutlich indigoblau. Daß es sich hierbei nicht etwa um zwei allotrope Modifikationen desselben Metalls handelt, geht schon daraus hervor, daß man auch alle erdenklichen Zwischenstufen zwischen dem grünen und dem blauen Gold erhalten kann. Im 18. Bande der Annalen der Physik [(4) **18**, 590 bis 605, 1905] veröffentlichte Herr W. Betz Untersuchungen über die Dicke von Metallschichten, die durch Kathodenzerstäubung hergestellt wurden. Herr Betz zieht dabei auch diese eigentümlichen Verschiedenheiten der Goldspiegel in den Kreis seiner Betrachtungen und stellt fest, daß das blaue Gold — wie wir nach dem Vorgange Houllevigues die blau durchscheinenden Goldhäutchen zum Unterschiede von den grün durchscheinenden, dem grünen Gold, nennen wollen — bei Erwärmung auf 200° C in grünes Gold übergeht. Herr Betz findet bei seinen fünf Versuchen, daß dieser Übergang plötzlich erfolgt und von einer Gewichtsverminderung um 7,8 v. H. sowie von einer nicht unerheblichen Abnahme des elektrischen Leitungswiderstandes begleitet ist. Auf Grund seines nicht sehr reichhaltigen Beobachtungsmaterials glaubt Herr Betz unter allem Vorbehalt folgern zu sollen, daß das blaue Gold als eine Oxydationsstufe des Goldes, und zwar von der Formel Au_2O_2, anzusehen sei.

Digitized by Google

Neuerdings hat Herr Houllevigue seine Untersuchungen über diesen Gegenstand wiederaufgenommen und ist dabei zu Ergebnissen gelangt, welche von den Schlußfolgerungen des Herrn Betz durchaus abweichen. Im folgenden sei über die neueren Versuche des Herrn Houllevigue, die im Journal de Physique (4) **6**, 596—603, 1907, sowie im Bulletin des Séances de la Société de Physique, 1907, 297—305, veröffentlicht sind, das Interessanteste mitgeteilt.

Herr Houllevigue gewinnt zunächst die Überzeugung, daß das blaue Gold wasserstoffhaltig sei. Dafür spricht folgender Versuch: Aus einem mit blauem Gold überzogenen Glasplättchen wurde ein Streifen ausgeschnitten und mit Hülfe von Stanniolpapier mit dem negativen Pol eines galvanischen Elements verbunden, dessen positiver Pol mit einem Golddraht in leitender Verbindung stand. Der Glasstreifen und der Draht wurden dann in leicht mit Schwefelsäure versetztes Wasser eingetaucht und durch das so entstehende Voltameter ein schwacher Strom geschickt. Wurde nach Verlauf etwa einer Stunde der Glasstreifen herausgezogen, abgespült und getrocknet, so war deutlich zu erkennen, daß das Goldhäutchen jetzt grün und durchsichtiger geworden war und überdies im reflektierten Licht ein leuchtenderes Gelb zeigte. Offenbar ist das blaue Gold eine Wasserstoffverbindung des Goldes, die bei der Elektrolyse durch den naszierenden Sauerstoff zersetzt wird. Bei umgekehrter Stromrichtung, wenn also der überzogene Glasstreifen die Kathode, der Golddraht die Anode bildete, war es selbst bei siebenstündigem Stromdurchgang nicht möglich, die umgekehrte Reaktion zu erhalten, also grünes Gold in blaues zu verwandeln.

Eine weitere Stütze für die Auffassung, daß man es beim blauen Golde mit einer Wasserstoffverbindung zu tun habe, liefert die spektroskopische Untersuchung. Im Vakuumrohr zeigt das blaue Gold anfänglich keine Wasserstofflinien. Bei Erhitzung des Rohres aber wird der Wasserstoff entbunden, sein charakteristisches Spektrum tritt auf, und zwar erfolgt dieses Auftreten des Wasserstoffspektrums bei einer Temperatur von 150 bis 200° C. Gleichzeitig steigt der Gasdruck im Rohre, und das blaue Gold geht in grünes über.

Bringt man diese Beobachtungen mit der von Herrn Betz gefundenen Gewichtsverminderung um 7,8 v. H. beim Übergang des blauen Goldes in grünes zusammen, so erhält man als wahrscheinliche Formel für das blaue Gold AuH_{16}.

Weiterhin untersuchte Herr Houllevigue die Beziehung zwischen Temperatur und elektrischem Leitungswiderstand beim blauen Golde. Zu diesem Zweck wurde ein Versuchsstreifen im elektrischen Ofen erhitzt. Trägt man den Widerstand als Funktion der Temperatur in

Digitized by Google

ein Koordinatensystem ein, so erhält man bei der Erwärmung eine Kurve, die zunächst bis 130° geradlinig ansteigt, dann bis 290° unregelmäßig — je nach der Schnelligkeit der Temperatursteigerung — abfällt, und oberhalb der letztgenannten Temperatur wieder geradlinig ansteigt. Kühlt man nun wieder bis auf Zimmertemperatur ab, so erhält man eine geradlinig verlaufende Abnahme des Widerstandes; der obere Teil dieses Linienzuges fällt genau in den bei Erwärmung von 290 bis 330° (weiter wurde bei den Versuchen die Temperatur nicht gesteigert) erhaltenen Anstieg. Bei wiederholter Erwärmung und Abkühlung wird immer wieder diese Gerade durchlaufen. Dieser Verlauf der Kurve ist folgendermaßen zu erklären: Bis hinauf zu einer Temperatur von 130° bleibt das blaue Gold unverändert; danach tritt allmählich ein Übergang zum grünen Gold ein. Ein plötzlicher Übergang, wie ihn Herr Betz gefunden hatte, war nicht zu beobachten. Bei 290° ist blaues Gold nicht mehr vorhanden. Das grüne Gold wird weder durch Erwärmung noch durch Abkühlung in blaues zurückverwandelt. — In Übereinstimmung hiermit steht die Beobachtung, daß ein Häutchen aus blauem Golde bei viertelstündiger Erwärmung auf 120° unverändert blieb, bei 152° aber in der gleichen Zeit deutlich den Übergang in die grüne Form erkennen ließ. — Diese Beobachtungen lassen darauf schließen, daß das blaue Gold eine Verbindung ist, welche bis 120° durch Wärme nicht angegriffen wird, oberhalb dieser Temperatur aber zerfällt und bei 290° nicht mehr bestehen kann.

Zugunsten der Auffassung, daß diese Verbindung eine Wasserstoffverbindung, keine Oxydationsstufe, des Goldes sei, spricht der Umstand, daß der Temperaturkoeffizient des elektrischen Leitungswiderstandes, wie der eben erwähnte Versuch ergeben hat, positiv ist. Alle bekannten Wasserstoffverbindungen der Metalle zeigen gleich den Metallen selbst einen positiven Temperaturkoeffizienten des Widerstandes, die Oxyde aber im allgemeinen einen negativen.

Die folgenden Versuche dienten dem Zweck, die für die Entstehung des blauen Goldes maßgebenden Bedingungen zu erforschen. Herr Houllevigue setzte in eine Kathodenstrahlröhre eine Kathode aus reinem Golde, die schon mehrfach für Zerstäubungszwecke Verwendung gefunden hatte. Die eine Hälfte dieser Kathode war galvanoplastisch vergoldet worden. Der Kathode gegenüber stand eine Glasplatte, in deren Mitte sich eine senkrechte Scheidewand aus Glas erhob. Es konnte somit von jeder Kathodenhälfte Gold durch Zerstäubung nur zu einer Hälfte der Glasplatte gelangen. Das Ergebnis entsprach den Erwartungen. Die reine Hälfte der Kathode lieferte bei der Zerstäubung grünes Gold, die galvanoplastisch vergoldete da-

Digitized by Google

gegen blaues. Der einzige Unterschied zwischen den beiden Kathodenhälften bestand darin, daß die vergoldete Hälfte bei der galvanischen Vergoldung reichlich Wasserstoff aufgenommen hatte.

Ein weiterer Versuch, dessen Einzelheiten hier nicht erwähnt zu werden brauchen, erbrachte den Nachweis, daß eine Kathode aus nicht reinem Golde, die anfangs bei der Zerstäubung blaues Gold liefert, bei längerem Gebrauch mehr und mehr grünes Gold, und schließlich nur noch solches abgibt.

Auch die Temperatur ist für die Art des gebildeten Goldniederschlages von Bedeutung. Bei höheren Temperaturen läßt sich blaues Gold nicht erhalten.

Ich möchte schließlich Herrn Houllevigue selbst zu Worte kommen lassen: „Alle diese Versuche", so schreibt er, „zeigen, welche Elemente auf die Art des Niederschlages von Einfluß sind. Die Goldkathoden enthalten normalerweise Wasserstoff und schleudern einen Goldwasserstoff ab; nach sehr langer Wirksamkeit können die Kathoden wasserstoffärmer werden; das Vakuumrohr wird härter, folglich nimmt die Erwärmung in der Nähe der Kathode zu, und die abgeschleuderte Wasserstoffverbindung wird zersetzt. Allerdings ist es eine noch ungelöste Frage, ob die Kathode unter solchen Verhältnissen nicht gleichzeitig mit dem Goldwasserstoff auch Gold fortschleudert. Jedenfalls scheint unter gewöhnlichen Verhältnissen die Bildung grünen metallischen Goldes ausschließlich auf einer sekundären Wirkung zu beruhen, nämlich auf der Erwärmung an der Stelle, wo der Niederschlag entsteht; aus diesem Grunde ist das niedergeschlagene Goldhäutchen im allgemeinen an den dickeren Stellen grün und an den Stellen von geringerer Dicke blau, weil nämlich an den ersteren durch die größere Anzahl der Stöße eine stärkere Temperaturerhöhung erzeugt wird. Alle auf den ersten Blick so verwickelten Einzelheiten, die man bei der Zerstäubung von Goldkathoden beobachtet, finden so ihre logische Erklärung." —

Nach den Ausführungen des Herrn Houllevigue scheint es ziemlich sicher zu sein, daß man es beim blauen Gold mit einer Wasserstoffverbindung zu tun hat. Ob aber dieser Verbindung tatsächlich die Formel AuH_{16} zukommt, ist wohl noch nicht als sicher anzusehen. Ob es vielleicht möglich sein dürfte, eine Verbindung AuH_{16} auf chemischem Wege darzustellen?

Interessant wäre auch eine Untersuchung anderer Metalle auf das Vorhandensein verschiedener Produkte der Kathodenzerstäubung hin.

Mi.



Digitized by Google

Ein Verfahren zur Herstellung von Kupferspiegeln auf Glas.

Im 77. Bande der Zeitschrift „Nature" gibt Herr F. D. Chattaway in der Nummer vom 20. Februar 1908 ein Verfahren an, brauchbare und haltbare Kupferspiegel auf Glas herzustellen.

Bereits um die Mitte des vorigen Jahrhunderts hatte Liebig gelegentlich die Beobachtung gemacht, daß, wenn Silbernitratlösung mit etwas Ammoniak und Aldehyd erwärmt wird, eine Reduktion des Silbers erfolgt, und zugleich das Metall sich als glänzender, reflektierender Überzug an der Wand des Glases absetzt und an dieser haftet. Im Jahre 1843 nahm Thomas Drayton in Brighton ein Patent auf ein ähnliches Verfahren zur Herstellung von Silberspiegeln; er benutzte zur Reduktion des Silbers Klauenöl. Liebig ersetzte dann dieses Reduktionsmittel durch Milchzucker. Mit diesem Versilberungsverfahren hat Faraday sich vielfach beschäftigt. Er machte dabei die interessante Beobachtung, daß man auch einen spiegelnden Kupferniederschlag auf Glas erhalten könne. Zu diesem Zwecke erwärmte er Glasplatten in einer Lösung von Kupferoxyd in Olivenöl. Seine Kupferspiegel waren aber recht unvollkommen.

Herrn Chattaway ist es nun gelungen, dieses Verfahren wesentlich zu vervollkommnen. Er geht dabei folgendermaßen zu Werke: Ein Teil frisch destilliertes Phenylhydrazin wird mit zwei Teilen Wasser vermischt, bis eine klare Lösung entsteht, und dieser dann die halbe Menge warmer, gesättigter Lösung von Cuprihydroxyd in konzentriertem Ammoniak zugesetzt. Dabei wird Stickstoff in Freiheit gesetzt, und es erfolgt eine Reduktion zu Cuprihydroxyd, welches in ammoniakalischer Lösung verbleibt und erst bei erneuter Erwärmung weiter reduziert wird. Nun wird eine heiße 10prozentige wässerige Lösung von Kalilauge zugesetzt, bis ein leichter Niederschlag von Cuprihydroxyd erfolgt. Wenn man die so erhaltene farblose bis mattgelbe Flüssigkeit vorsichtig in Berührung mit einer sorgfältig gereinigten Glasfläche erwärmt, so scheidet sich metallisches Kupfer ab und bleibt als dünner, zusammenhängender und vollkommen reflektierender Überzug fest an dem Glase haften.

Zur Vermeidung von Verunreinigungen dieses Spiegels muß man, wo es sich um das Überziehen von Hohlglas (Röhren, Flaschen) handelt, Sorge tragen, daß die Innenwandungen, solange noch Stickstoff entweicht, vollständig von der Flüssigkeit bedeckt sind. Andernfalls setzen sich am oberen Rande des Spiegels Nebenprodukte an, welche von dem aufsteigenden Stickstoff aus der Lösung mit emporgerissen werden. Will man eine etwas dickere und haltbarere Spiegelschicht erhalten, so emp-

Digitized by Google

fiehlt es sich, das Glas etwa eine Stunde lang mit der warmen Reduktionsflüssigkeit in Berührung zu lassen und letztere erst dann abzugießen, wenn sie sich bis auf die Temperatur der Umgebung abgekühlt hat. Danach wird die verkupferte Fläche zweckmäßig zunächst mit Wasser, danach mit Alkohol und Äther gewaschen und schließlich durch einen schnell trocknenden Firnisüberzug gegen die allmähliche Oxydation durch Berührung mit der Luft geschützt.

Die nach dieser Vorschrift hergestellten Spiegel sollen unbegrenzt haltbar sein und an Reflektionsvermögen die bestpolierte Metallfläche übertreffen.

Herr Chattaway machte die interessante Bemerkung, daß das niedergeschlagene Kupfer einwertig sei. Wie Herr Chattaway weiter bemerkt, spielt die Oberfläche, auf welcher solche Metallspiegel, und zwar sowohl Silberspiegel als Kupferspiegel, niedergeschlagen werden, eine nicht unbedeutende Rolle bei dem ganzen Vorgange. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß der Spiegel auf Glasflächen, die längere Zeit dem Einfluß von Luft oder Wasser ausgesetzt gewesen sind, weniger leicht erzeugt werden kann, daß ferner geblasene Flächen geeigneter für die Behandlung sind als polierte. Nach der Ansicht des Herrn Chattaway wirkt das Glas bei dem Vorgange als Katalysator und führt eine örtliche Beschleunigung der Reduktion herbei.

Das Verfahren wird sicherlich vielfache Verwendung finden; man denke nur an die Fälle, wo es sich darum handelt, eine Glaswand elektrisch leitend zu machen. Vielleicht wäre auch noch eine Vereinfachung der Methode möglich. Mi.



Das Werden der Welten.

Ein neues Werk von **Svante Arrhenius***).

Einem neuen Werke von Arrhenius sieht man stets mit Spannung entgegen, denn der vielseitige Forscher ist nicht nur Gelehrter, sondern auch ein vorzüglicher Schriftsteller, der seine Gedanken in klarer, interessanter und geistreicher Weise niederzulegen versteht. Auch das vorliegende Werk macht hiervon keine Ausnahme. Es hält schwer, die Lektüre zu unterbrechen, und man wird mit Befriedigung das Buch aus der Hand legen. Nur wer unbilligerweise gehofft hat, nunmehr den Urgrund aller Dinge kennen zu lernen, wird enttäuscht

*) Aus dem Schwedischen übersetzt von L. Bamberger. Leipzig, Akadem. Verlagsgesellschaft m. b. H. 1908.

Digitized by Google

sein; denn in das Transzendente kann auch Arrhenius nicht hinein; aber er versucht es, den Leser eine Etappe weiter, als sonst gewöhnlich üblich, zu führen. Den wissenschaftlich faßbaren Beginn des Werdens unseres Sonnensystems verlegt man im allgemeinen auf das Vorhandensein des rotierenden Urnebels, aus dem sich in allmählicher Entwicklung der jetzige Zustand gebildet hat. Will man noch weiter in die Vergangenheit zurück, so bleibt alles unbeweisbare Hypothese, deren Annahme nicht Verstandes-, sondern Glaubenssache ist. Auch die Arrheniussche Annahme kann nichts anderes sein; sie ist auch, wenigstens in betreff der Entstehung des Lebens, nichts Neues; aber der Verfasser versteht es, seine Ansichten mit so überzeugender Kraft und Geschicklichkeit darzustellen, daß man auf kurze Zeit den rein hypothetischen Charakter vergessen kann. Und diese Geschicklichkeit ist die starke Seite des Buches gegenüber dem Laien, gleichzeitig aber auch seine schwache gegenüber dem Fachmann. Sie geht so weit, daß von dem Tatsächlichen fast nur dasjenige aufgeführt wird, was dem vorgefaßten Zweck entspricht; das andere, vielleicht Widersprechende, bleibt unbeachtet. Auch von den zahlreichen anderen Hypothesen erfährt man nur selten etwas, so daß sich der Laie kein Bild von der Wahrscheinlichkeit der Ansichten des Verfassers machen kann. Das ist natürlich mit voller Absicht geschehen — wie auch in der Vorrede angedeutet — und es ist das gute Recht des Verfassers. Es ist dann aber auch die Pflicht der Kritik, darauf hinzuweisen, daß der Verfasser häufig mit seinen Lehren sehr vereinzelt dasteht. Um nur ein einziges Beispiel anzuführen, sei bemerkt, daß in der ausführlichen Besprechung der Neuen Sterne die Katastrophe auf den Zusammenstoß zweier erkalteter Fixsterne zurückgeführt wird und die Linienverschiebung auf Grund des Dopplerschen Prinzips auf materielle Bewegungen von gewaltiger Geschwindigkeit; daß dieser veraltete Standpunkt einer gänzlich anderen, rein physikalischen Erklärung hat weichen müssen, ist nicht erwähnt.

Derartige Mängel sollen uns aber nicht die Freude an dem Werk schmälern; es steht dem genug Gutes gegenüber. Nur eins wollen wir dadurch begründen und jetzt klar aussprechen: Das schöne und erhabene Bild, welches Arrhenius vom Werden und Vergehen der Welten entwirft, ist leider nicht mit so wetterfesten Farben gemalt, wie es dem Laien erscheinen mag.

Es sind zwei Grundgedanken, die durch das ganze Werk hindurchgehen: die Verwendung des Prinzips vom Lichtdruck auf die kosmischen Erscheinungen und die Annahme eines periodischen Entstehens und Vergehens der Welten, wodurch der eigentliche Anfang

Digitized by Google

in die Unendlichkeit zurückverlegt wird. „Das Weltall ist seinem Wesen nach stets so gewesen, wie es jetzt noch ist.“

In einer kurzen Besprechung ist es nicht möglich, dem komplizierten Gang, den diese Grundgedanken in dem Buche zurücklegen, auch nur annähernd zu folgen; das Buch muß eben selbst gelesen werden. Dagegen wollen wir die Ansicht des Verfassers über die Entstehung des Lebens auf der Erde und anderen geeigneten Weltkörpern kurz andeuten.

Es gibt bekanntlich drei Möglichkeiten, nach denen Leben auf einem bis dahin unbewohnten Himmelskörper entstehen kann: 1. Ein göttlicher Schöpfungsakt, 2. die Urzeugung, 3. das Eindringen lebender Zellen von außen her.

Die Naturforscher hängen im allgemeinen der zweiten Möglichkeit an, wenngleich bisher keine einzige Beobachtung einer wirklichen Urzeugung vorhanden ist. Arrhenius ist eifriger Anhänger der dritten Möglichkeit, der sogenannten Panspermie. Das Neue, was Arrhenius dieser Lehre beifügt, ist die Idee von der Ausstoßung kleinster lebender Zellen durch den Lichtdruck. Bei einer gewissen Kleinheit der Körperchen kann nämlich der sonst so geringe Lichtdruck stärker werden als die Schwerkraft. So wird das ganze Weltall mit Zellen erfüllt werden, die auf andere Körper gelangen und, sofern sie günstige Verhältnisse antreffen, sich weiter entwickeln. Die Schwierigkeit, die in der langen Zeitdauer liegt, die solche Zellen im Weltraum zubringen müssen, ehe sie wieder auf einen Weltkörper gelangen — es handelt sich um viele Tausende von Jahren — ist nach Ansicht des Verfassers nicht von Bedeutung, da durch die Verlangsamung der chemischen Prozesse bei der tiefen Temperatur des Weltraums die Keimfähigkeit außerordentlich viel länger erhalten bleibe als bei der Temperatur unserer Erdoberfläche. Verfasser stellt folgende Rechnung an. Die Lebensfunktionen werden etwa im Verhältnis zu 2:5 gesteigert, wenn die Temperatur um 10° erhöht wird. Wenn die Temperatur der lebenden Sporen auf — 220° C gesunken ist, würde der Lebensprozeß um das Millionenfache verringert sein, d. h. die Keimkraft der Sporen würde bei dieser Temperatur während drei Millionen Jahre nicht mehr abnehmen, als bei 10° C an einem einzigen Tage! — Es ist immer sehr gefährlich, von einem kleinen Intervall aus auf ein sehr großes zu extrapolieren, wenn kein physikalisches Gesetz bekannt ist. — In ähnlicher Weise wird dann noch der Einfluß der Trockenheit und der Bestrahlung auf die lebenden Zellen im Weltall berechnet.

Scheiner.



Digitized by Google

Himmelserscheinungen.

Übersicht über die Himmelserscheinungen

im Juli, August und September 1908[1]).

1. Der Sternenhimmel. Am 15. Juli um 11^h, am 15. August um 9^h, am 15. September um 7^h ist die Lage der Sternbilder gegen unsern Horizont die folgende:

Im Meridian steht 18° südlich vom Zenit die Wega, links neben ihr der Doppelstern ε der Leier, ein Prüfstein für die Güte der Augen. Das große Kreuz des Schwanes findet sich davon links. Seine Längsachse liegt im westlichen Aste der Milchstraße, die sich gerade bei seinem obersten Sterne Deneb gabelt. Die Milchstraße zieht mit ihren beiden Teilen, von denen der östlichere alsbald der breitere wird, hinab zum Südhorizont. Im östlichen Teile finden wir — nahezu als dritte Ecke eines gewaltigen gleichseitigen Dreiecks zu Wega und Deneb — den Atair zwischen zwei Sternen dritter Größe. Ganz tief über dem Südhorizont sind die nördlichsten Sterne des Schützen zu sehen; der größte Teil dieses Sternbildes geht bei uns nicht mehr auf.

Am Westhimmel ist der rote Arkturus in geringer Höhe das auffallendste Objekt. Der schöne Halbkreis der Krone steht über ihm. Diese wird durch die große Konstellation des Herkules von der Wega getrennt. Schlange und Schlangenträger nehmen den Südwest-Horizont ein. Der Große Bär steht im Nordwesten, die Deichsel des Himmelswagens zielt schräg nach unten auf Arktur. Die Drachensterne ziehen sich von der Deichsel des Himmelswagens bis ins Zenit hinauf.

Der nördliche Himmelsteil ist ziemlich leer. In ganz geringer Höhe ist im Norden um diese Zeit Capella und β Aurigae in unterer Kulmination. Die Milchstraße erreicht in diesem Sternbilde den Nordpunkt des Horizonts. Ein wenig höher finden wir in ihr den Perseus und noch höher das auf dem linken Schenkel stehende W der Cassiopea.

Am Osthorizont ist das gewaltige Siebengestirn der Andromeda und des Pegasus gerade ganz aufgegangen. Rechts unter letzterem sind die unbedeutenden Sterne des Wassermanns im Südosten zu sehen und mehr rechts davon nach dem Meridian die beiden Sternpaare — ein vertikales α und β und ein horizontales δ und γ —, die am auffälligsten im Steinbock sind.

In der Mittagslinie stehen südlich des Zenits um 9 Uhr abends die folgenden Sterne heller als 3.3 Größe. Die Kulminationshöhe findet man durch Hinzufügung der Deklination zu $37\frac{1}{2}°$.

---

[1]) Alle Angaben in M. E. Z. und — mit Ausnahme der Sonnenaufgänge — in astronomischer Zählweise, d. h. die Vormittagsstunden eines Tages sind um 12^h vermehrt zum vorigen Datum gerechnet.

Digitized by Google

Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination	Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination
Juli 1	α Coronae bor.	2.2	15h 30m 49s	+27° 1.'5	Aug. 12	δ Sagittarii	2.7	18h 15m 8s	−29° 52.'7
3	α Serpentis	2.5	15 39 46	+ 6 42.9	12	η Serpentis	3.2	18 16 35	− 2 55.3
4	μ „	3.3	15 44 51	− 3 8.9	12	ε Sagittarii	1.9	18 18 6	−34 25.7
7	δ Scorpii	2.3	15 54 55	−22 21.7	13	λ „	2.8	18 22 19	−25 28.4
8	β „	2.6	16 0 7	−19 33.3	16	α Lyrae	1	18 33 51	+38 42.0
11	δ Ophiuchi	2.8	16 9 33	− 3 27.5	20	β Lyrae	var.	18 46 43	+33 15.6
12	ε „	3.2	16 13 29	− 4 28.1	20	σ Sagittarii	2.1	18 49 36	−26 24.7
12	σ Scorpii	3.1	16 15 37	−25 22.4	22	γ Lyrae	3.2	18 55 32	+32 34.0
14	α „	1.2	16 23 48	−26 13.8	22	ζ Sagittarii	2.7	18 56 47	−30 0.8
15	β Herculis	2.6	16 26 17	+21 41.5	23	ζ Aquilae	3.0	19 1 13	+13 43.8
16	τ Scorpii	2.9	16 30 10	−28 1.5	23	λ „	3.2	19 1 24	− 5 1.1
16	ζ Ophiuchi	2.6	16 32 7	−10 22.9	24	π Sagittarii	2.9	19 4 20	−21 10.2
18	η Herculis	3.3	16 39 46	+39 6.0	28	δ Aquilae	3.3	19 20 54	+ 2 56.0
20	ε Scorpii	2.3	16 44 14	−34 7.7	30	β Cygni	3.0	19 27 2	+27 46.2
22	κ Ophiuchi	3.2	16 53 20	+ 9 31.1	Sept. 3	γ Aquilae	2.7	19 41 55	+10 23.5
25	η „	2.4	17 5 8	−15 36.7	3	δ Cygni	2.8	19 42 8	+44 54.7
26	α Herculis	var.	17 10 29	+14 29.8	4	α Aquilae	1	19 46 20	+ 8 37.7
26	δ „	3.0	17 11 17	+24 57.0	9	θ „	3.1	20 6 36	− 1 5.5
27	π „	3.1	17 11 52	+36 54.9	11	β Capric.	3.1	20 15 53	−15 4.2
28	θ Ophiuchi	3.2	17 16 23	−24 54.5	12	γ Cygni	2.3	20 18 57	+39 58.0
31	α „	2.1	17 30 41	+12 37.6	17	α „	1.3	20 38 20	+44 57.4
Aug. 2	β „	2.8	17 38 57	+ 4 36.4	18	ε „	2.4	20 42 31	+33 37.8
2	μ Herculis	3.3	17 42 58	+27 46.6	25	ζ „	3.1	21 9 3	+29 51.4
3	γ Sagittarii	3.0	17 59 56	−30 25.6	29	β Aquarii	2.9	21 26 45	− 5 58.4

2. Veränderliche Sterne. Algol hat die folgenden Minima zur Nachtzeit, in denen er für zweimal $4^1/_2$ Stunden von der normalen Helligkeit 2.0m auf 3.4m heruntergeht:

Juli	9d	13h	58m	August	1d	12h	30m	September	10d	15h	56m
	12	10	47		4	9	19		13	12	45
	29	15	41		21	14	13		16	9	34
					25	11	2		19	6	23
					27	7	51		30	17	39

3. Planeten. Merkur ist am 4. Juli 11h in unterer Konjunktion. Er kommt dann an den Morgenhimmel. Um den Tag der größten westlichen Elongation, den 25. Juli, wo Merkur um 14h 40m aufgeht, d. h. $1^1/_2$ Stunden vor der Sonne, kann man ihn dann vielleicht auffinden. Am 20. August 4h ist Merkur in oberer Konjunktion mit der Sonne. Am Abendhimmel wird er hierauf jedoch kaum aufzufinden sein, da er südlicher steht als die Sonne.

Venus ist Ende Juni vom Abendhimmel verschwunden und am 5. Juli um 16h in unterer Konjunktion mit der Sonne. Von Ende Juli ab entwickelt sie sich dann am Morgenhimmel alsbald zu ebenso prächtiger Erscheinung. Bereits am 11. August ist sie im größten Glanze. Sie steht dann bei γ Geminorum und geht um $18^3/_4$h auf. Rechtläufig durchwandert sie dann die Zwillinge, kommt Ende August wieder unter Castor und Pollux zu stehen, wie im Juni, und nähert sich dann im Krebs rasch von rechts her dem Jupiter, von

Digitized by Google

dem sie Ende September nur noch 50 R. A. Minuten entfernt bleibt. Ihr Aufgang erfolgt Anfang August 14h, Anfang September 13¼h, Ende September 13¾h.

Mars ist zunächst noch Abendstern bis zum 21. August, wo er in Konjunktion mit der Sonne ist, dann Morgenstern, doch ist er während des ganzen Vierteljahrs der Sonne zu nahe, um gesehen werden zu können.

Jupiter ist anfangs noch am Abendhimmel rechtläufig im Krebs zu sehen. Er geht am 1. Juli um 10h, am 1. August bereits um 8¼h unter und verschwindet sonach allmählich in der Dämmerung. Am 17. August ist er in oberer Konjunktion mit der Sonne. Etwa von Mitte September an, wo der Riesenplanet um 15½h aufgeht, beginnt dann seine neue Sichtbarkeitsperiode. Am 4. September war Jupiter nur 22′ nördlich von Regulus und kommt nun links von diesem Hauptstern des Löwen aus der Morgendämmerung hervor.

Saturn geht Anfang Juli rechtläufig in den Fischen um Mitternacht auf. Am 22. Juli wird er unter δ Piscium stationär und wandert langsam nach rechts zurück. Ende Juli erfolgt der Aufgang des Saturn um 10 Uhr, Ende August um 8 Uhr und Ende September bereits in der Abenddämmerung um 6 Uhr, indem Saturn am 29. in Opposition mit der Sonne ist.

Uranus ist rückläufig unter π Sagittarii bis zum 22. September. Ein scharfes Auge kann ihn dort an klaren Abenden in sehr geringer Höhe erkennen, wenn man freien Horizont hat.

Neptun ist der Sonne zu nahe, mit der er am 6. Juli in Konjunktion ist, um selbst für Fernrohre ein bequemes Objekt zu bilden.

4. Sternschnuppen. Der alte Strom der Perseiden hat sich bereits derartig weit zu beiden Seiten und ober- und unterhalb der ursprünglichen Bahnellipse ausgebreitet, daß der Durchgang der Erde durch ihn fast einen ganzen Monat dauert. Immerhin sind die Tage vom 9.—11. August jene, die das Maximum der Erscheinung bezeichnen.

5. Jupitermonde. Ihre Erscheinungen finden zu nahe der Dämmerung statt, als daß ein ausführlicher Hinweis auf dieselben hier sich lohnte.

6. Sternbedeckungen durch den Mond (sichtbar für Berlin):

Tag		Name des Sterns	Größe	Eintritt		Austritt		Positionswinkel[1]) d. Eintritts	Positionswinkel[1]) d. Austritts	Alter des Mondes[2])
Juli	10	ψ Ophiuchi	5.0	7h	42.3m	8h	46.3m	139°	262°	12d
	16	τ Aquarii	4.0	12	11.4	13	18.2	76	239	18
Aug.	8	4 Sagittarii	5.0	8	1.1	9	12.7	84	292	11
Sept.	8	κ Capricorni	5.2	6	0.3	6	56.9	100	234	13
	9	τ Aquarii	4.0	9	11.5	10	10.7	95	218	14
	10	30 Piscium	4.8	17	16.2	17	56.8	107	200	15
	15	ε Tauri	3.5	14	48.4	16	1.2	55	263	20

7. Mond a) Phasen.

Erstes Viertel	Juli	6	9h	Aug.	4	23h	Sept. 3	10h
Vollmond		13	11		11	18	10	1
Letztes Viertel		20	1		18	10	17	0
Neumond		27	20		26	12	25	4

[1]) Vom nördlichsten Punkte des Mondes, entgegen dem Uhrzeiger gezählt.

[2]) Vor Vollmond (Alter 15 Tage) finden die Eintritte am dunkeln Rande statt, die Austritte am hellen, nachher ist es umgekehrt.

Digitized by Google

b) Apsiden.

Erdferne	Juli	2	6h						
Erdnähe		14	14	Aug.	11	22h	Sept.	9	9h
Erdferne		29	16		25	19		22	1

c) Konjunktionen mit den alten Planeten.

Merkur	Juli	26	0h	Aug.	27	0h	Sept.	27	3
Venus		25	9		22	11		20	20
Mars		28	12		26	6		24	0
Jupiter		1	8 u. 29 2h		25	20		22	13
Saturn		18	17		15	1		11	9

d) Auf- und Untergänge für Berlin.

Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang
Juli 1	19h 18m	10h 29m	Aug. 1	21h 38m	9h 54m	Sept. 1	— —	9h 6m
4	22 41	11 32	4	— —	10 42	4	2h 42m	10 34
7	1 0	12 20	7	3 43	11 59	7	5 40	13 50
10	4 48	13 30	10	7 4	14 58	10	7 9	18 17
13	8 27	16 9	13	8 47	19 22	13	8 9	22 31
16	10 23	20 24	16	9 47	23 33	16	9 27	1 5
19	11 24	— —	19	10 56	2 6	19	11 47	3 59
22	12 26	3 3	22	12 59	5 14	22	15 3	5 31
25	14 12	6 24	25	16 5	7 3	25	18 28	6 24
28	17 7	8 31	28	19 29	8 1	28	22 3	7 11

8. Sonne.

Sonntag	Sternzeit f. den mittl. Berl. Mittag	Zeitgleichung mittl. — wahre Z.	Deklination der Sonne.	Aufgang für Berlin	Untergang für Berlin
Juli 5	6h 52m 10.08s	+ 4m 16.49s	+22° 49'.0	3h 52m	8h 28m
12	7 19 45.98	+ 5 20.43	+22 0.6	3 59	8 23
19	7 47 21.88	+ 6 1.99	+20 53.7	4 8	8 16
26	8 14 57.77	+ 6 17.92	+19 29.5	4 17	8 6
Aug. 2	8 42 33.66	+ 6 5.21	+17 49.5	4 28	7 57
9	9 10 9.55	+ 5 22.34	+15 55.3	4 39	7 42
16	9 37 45.43	+ 4 10.79	+13 48.6	4 51	7 28
23	10 5 21.31	+ 2 34.44	+11 31.1	5 3	7 13
30	10 32 57.19	+ 0 37.13	+ 9 4.6	5 14	6 58
Sept. 6	11 0 33.06	— 1 36.95	+ 6 31.0	5 26	6 42
13	11 28 8.93	— 4 1.97	+ 3 52.2	5 38	6 25
20	11 55 44.80	— 6 30.38	+ 1 10.0	5 49	6 8
27	12 23 20.67	— 8 55.25	— 1 33.8	6 1	5 52

Die Summe der 2. und 3. Kolumne gibt die Rektaszension der Sonne. Addiert man die Deklination zur Äquatorhöhe, 37° 29.7', so erhält man die Kulminationshöhe der Sonne für Berlin. Am 2. Juli 8h ist die Sonne in Erdferne. Am 23. September 0h tritt die Sonne in das Himmelszeichen der Wage, und damit beginnt der Herbst.



Digitized by Google



Verzeichnis der der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Annuaire météorologique pour 1907, publié par les soins de A. Lancaster. Bruxelles, F. Hayez, 1907.

Arrhenius, S. Die Vorstellung vom Weltgebäude im Wandel der Zeiten. Das Werden der Welten. Neue Folge. Aus dem Schwedischen übersetzt von L. Bamberger. Mit 28 Abbildungen. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., 1908.

Astronomischer Kalender für 1908. Herausgegeben von der k. k. Sternwarte zu Wien. Neue Folge. Siebenundzwanzigster Jahrgang. Wien, Gerolds Sohn, 1908.

Auerbach, F. Das Zeißwerk und die Carl-Zeiß-Stiftung in Jena. Ihre wissenschaftliche, technische und soziale Entwicklung und Bedeutung. Dritte, vermehrte Auflage. Mit 97 Abbildungen im Text und einem Bildnis von Abbe. Jena, Gust. Fischer, 1907.

Behrens, J. Die natürliche Welteinheit. Naturwissenschaftliche und philosophische Bausteine zu einer idealistischen Weltanschauung. Wismar, Hinstorffscher Verlag, 1907.

Bergens Museums Aarbog 1907, Heft 1—3. Udgivet af Bergens Museum ved Jens Holmboe. Bergen, John Griegs Bogtrykkeri, 1907/1908.

Bölsche, W. Ernst Häckel. Ein Lebensbild. Volksausgabe. 1.—10. Tausend. Leipzig, Herm. Seemann Nachf.

Braß, A. An der Grenze des Lebens. Naturwissenschaftliche Zeitfragen. Im Auftrage des Kepplerbundes herausgegeben von E. Dennert. G. Schloeßmanns Verlag, Hamburg, 1908.

Brauer, R. Praktische Hydrographie. Mit 24 Tabellen und 38 Textfiguren. (Bibliothek der gesamten Technik 53. Band.) Jäneckes Verlag, Hannover, 1907.

Brunswig, H. Die Explosivstoffe. Einführung in die Chemie der explosiven Vorgänge. Mit 6 Abbildungen und 12 Tabellen. (Sammlung Göschen.) Göschenscher Verlag, Leipzig, 1907.

Conwentz, H. Schutz der natürlichen Landschaft, vornehmlich in Bayern. Nach einem Vortrag in der zu München am 1. Oktober 1906 abgehaltenen Jahresversammlung des Bundes Heimatschutz. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1907.

Camerer, J. W. Philosophie und Naturwissenschaft. Mit doppelseitiger Tafel und 2 Abbildungen im Text. Stuttgart, Kosmos.

Deutsches Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik. München. Führer durch die Sammlungen. Leipzig, B. G. Teubner.

Digitized by Google

Dannemann, Fr. Naturlehre für höhere Lehranstalten, auf Schülerübungen gegründet. I. Teil: Chemie, Mineralogie und Geologie, insbesondere für Realschulen, Gymnasien und den ersten Kursus der Oberrealschulen und Realgymnasien. Leipzig, Hahnsche Buchhandlung, 1908.

Diener, M. Reise in das moderne Mexiko. Erinnerungen an den X. Internationalen Geologenkongreß in Mexiko. Mit 80 Illustrationen (nach Originalaufnahmen) und einer Karte. Leipzig, Hartlebens Verlag, 1908.

Eder, J. M. Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1907. Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner herausgegeben. XI. Jahrgang. Mit 290 Abbildungen im Text und 36 Kunstbeilagen. Halle a. S., Wilh. Knapp, 1907.

Gisevius, P. Das Werden und Vergehen der Pflanzen. Vorträge gelegentlich der Ferienkurse in Königsberg i. Pr. Mit 24 Abbildungen im Text. (Aus Natur und Geisteswelt, Sammlung wissenschaftlich gemeinverständlicher Darstellungen 173. Bändchen.) Leipzig, B. G. Teubner, 1907.

Graff, K. Untersuchung des Lichtwechsels einiger veränderlicher Sterne vom Algoltypus. Nach Beobachtungen auf der Hamburger Sternwarte in den Jahren 1905, 1906 und 1907. (Mitteilungen der Sternwarte Nr. 11.) Hamburg, Komm.-Verlag L. Gräfe & Sillem, 1907.

Gräter, A. S. Das neue Weltbild nach dem Niedergang der mechanischen Naturauffassung am Ende des zweiten nachchristlichen Jahrtausends. Stuttgart, A. S. Gräters Verlag, 1907.

Grauer, K. Agrikulturchemie. I. Pflanzenernährung. (Sammlung Göschen.) Leipzig, Göschenscher Verlag, 1907.

Gruner, P. Die Welt des Unendlich Kleinen. (Naturwissenschaftliche Zeitfragen Heft 2.) Hamburg, Schloeßmanns Verlag, 1908.

Guenther, K. Vom Urtier zum Menschen. Ein Bilderatlas zur Abstammungs- und Entwicklungsgeschichte des Menschen. I. Lieferung. Stuttgart, Deutsche Verlagsanstalt, 1908.

Hassert, K. Die Polarforschung. Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- und Südpol von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Zweite, umgearbeitete Auflage. Mit 6 Karten auf 2 Tafeln. (Aus Natur und Geisteswelt 38. Bändchen.) Leipzig, B. G. Teubner, 1907.

Hausrath, H. Der Deutsche Wald. Mit 15 Textabbildungen und 2 Karten. (Aus Natur und Geisteswelt 153. Bändchen.) Leipzig, B. G. Teubner 1907.

Hell, B. Ernst Machs Philosophie. Eine erkenntniskritische Studie über Wirklichkeit und Wert. Stuttgart, Frommanns Verlag, 1907.

v. Hemmelmayr, Fr. Lehrbuch der Anorganischen Chemie für die 5. Klasse der Realschulen. Mit 40 Abbildungen und 1 Spektraltafel in Farbendruck. Dritte, verbesserte Auflage. Wien, F. Tempsky.

— — Lehrbuch der Organischen Chemie für die 6. Klasse der Oberrealschulen. Mit 11 Abbildungen und einer Farbendrucktafel. Dritte, durchgesehene Auflage. Wien, F. Tempsky.

Hettner, A. Grundzüge der Länderkunde. I. Band: Europa. Mit 8 Tafeln und 347 Kärtchen im Text. Leipzig, Otto Spamer, 1907.

v. Mübl, A. Die Entwicklung der photographischen Bromsilber-Gelatineplatte bei zweifelhaft richtiger Exposition. Mit einer Tafel. Dritte, umgearbeitete Auflage. (Encyklopädie der Photographie Heft 31.) Halle a. S., Wilh. Knapp, 1907.

Digitized by Google

v. Mübl, A. Das Kopieren bei elektrischem Licht. Mit 20 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. (Encyklopädie der Photographie Heft 59.) Halle a. S., Wilh. Knapp, 1908.

Jäger, G. Theoretische Physik. IV. Elektromagnetische Lichttheorie und Elektronik. Mit 21 Figuren. (Sammlung Göschen.) Leipzig, Göschenscher Verlag, 1908.

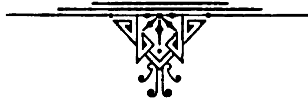
Kassner, C. Das Wetter und seine Bedeutung für das praktische Leben. (Wissenschaft und Bildung, Einzeldarstellungen aus allen Gebieten des Wissens Nr. 25.) Leipzig, Quelle & Meyer, 1908.

Kayser, E. Lehrbuch der Geologie. In zwei Teilen. II. Teil: Geologische Formationskunde. Dritte Auflage. Mit 150 Textfiguren und 90 Versteinerungstafeln. Stuttgart, Ferd. Enke, 1908.

Keilhack, K. Lehrbuch der praktischen Geologie. Arbeits- und Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Geologie, Mineralogie und Paläontologie. Zweite, völlig neu bearbeitete Auflage. Mit 2 Doppeltafeln und 348 Abbildungen im Text. Stuttgart, Ferd. Enke, 1908.

Klein, J. H. Jahrbuch der Astronomie und Geophysik. Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten der Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde. Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben. XVII. Jahrgang 1906. Mit 5 Tafeln in Schwarz- und 1 Tafel in Buntdruck. Leipzig, Ed. Heinr. Mayer, 1907.

(Fortsetzung folgt.)



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google



Die Meeresströmungen in ihrer klimatischen Bedeutung*).

Von Dr. **L. Mecking** in Berlin.

Groß und mannigfaltig sind die Einflüsse, welche das Wasser des Meeres auf die Landflächen der Erde ausübt. Zu einem Teil haben sie sogar einen poetischen Ausdruck selbst von Goethe erhalten, der im zweiten Teil des „Faust" den Thales begeistert ausrufen läßt:

„Alles wird durch das Wasser erhalten —
Ozean, gönn' uns dein ewiges Walten!
Wenn Du nicht Wolken sendetest,
Nicht reiche Bäche spendetest,
Hin und her nicht Flüsse wendetest,
Die Ströme nicht vollendetest:
Was wären Gebirge, was Ebnen der Welt?
Du bist's, der das frischeste Leben erhält!"

Hierin ist treffend wiedergegeben, wie der Ozean durch das ihm entstammende Wasser in erster Linie an der Ausgestaltung der Landmassen teilnimmt und den unendlich wechselvollen Anblick schaffen hilft, den uns das Antlitz der Erde gewährt. — Eine zweite Hauptgruppe von Einwirkungen des Meeres sind die klimatischen, die um so wichtiger sind, als sie tief in die Verhältnisse der Tier- und Pflanzenwelt und des Lebens der Völker einschneiden. In dieser Einwirkung des Meeres auf das Klima der Länder spielen die Meeresströmungen eine hervorragende Rolle.

*) Vortrag, gehalten im Naturwissenschaftlichen Verein zu München im November 1907.

Digitized by Google

Wenn wir sie in dieser ihrer Bedeutung im folgenden etwas genauer betrachten wollen, so wirft sich zunächst die allgemeine Frage auf, welcher Art und welchen Grades der Einfluß der Meeresströmungen auf das Klima ist, und wie er sich zur Gesamtheit der das Klima bedingenden Faktoren verhält. Denken wir uns zuerst einmal die Erdoberfläche ganz aus festem Land gebildet, dann wäre die Wärmeverteilung so, daß rings um die Erde am Aquator, der ja am stärksten von der Sonne bestrahlt wird, die höchste mittlere Jahrestemperatur herrschte, an den beiden Polen die niedrigste, und daß dazwischen, ganz gleichmäßig abnehmend und parallel den Breitenkreisen, sich die Temperaturzonen einordneten. Das wäre das sogenannte solare Klima.

Denken wir uns zweitens die Oberfläche aus ruhendem Wasser gebildet, so wäre die Anordnung der Temperaturen genau von derselben Regelmäßigkeit, nur wären sie im ganzen niedriger, weil Wasser sich bei gleich starker Bestrahlung viel schwerer erwärmt als Gestein.

Denken wir uns jetzt weiter die Erdoberfläche aus Wasser bestehend, aber irgendwo zwischen dem Äquator und Pol einen Kontinent. Dann bleibt die Anordnung der Temperaturlinien nicht die regelmäßige, parallele, sondern es wird, weil das Land sich eben stärker erwärmt, auf dem Kontinent vielleicht eine so hohe Temperatur herrschen, wie sie auf dem Wasser erst beim Äquator sich findet; die Linien gleicher Temperatur werden somit gegen den Kontinent hin ausgebuchtet. Es entstehen also dadurch außer den nordsüdlichen auch Temperaturunterschiede in ostwestlicher Richtung.

Das sind in der Tat die beiden mächtigsten Faktoren des Klimas, einmal der Abstand vom Äquator, d. h. die Breite, und dann die Verteilung von Wasser und Land.

Wenn das alles ohne Luftbewegung vor sich ginge, würde das ganze Land gerade bis zur Küstenlinie stark erwärmt sein, die Kühle des Meeres dagegen von der Küste ab einsetzen. Nun kommen aber die Winde hinzu, welche die Luftwärme verschleppen und übertragen. Sie treten hauptsächlich da auf, wo Unterschiede zwischen erhitzten und kühlen Flächen bestehen, und zwar wehen sie von den kühlen nach den warmen Flächen hin, d. h. im Sommer besonders nach stark erhitztem Lande als Seewinde. Dadurch erhalten wir auf dem Land den großen Unterschied zwischen gemäßigtem Seeklima in der Nähe der Küsten und exzessiv heißem Kontinentalklima im Innern. Im Winter ist umgekehrt das Innerste des Landes am stärksten erkaltet, und die Küstenlandstriche werden etwas erwärmt, falls die Winde nach der allgemeinen Luftdruckverteilung (die von allerlei Faktoren abhängt) vom Meere auf das Land wehen können. Das Klima der Küstenländer ist also im Sommer nicht

Digitized by Google

zu heiß, im Winter nicht zu kalt, das der inneren Kontinentalregionen dagegen im Winter äußerst kalt, im Sommer äußerst heiß. Zur Illustration mögen nur die folgenden zwei Zahlenbeispiele von Helgoland und Jakutsk dienen:

	Helgoland	Jakutsk
Mitteltemperatur des Januar . .	+ 1,6°	− 42,9°
„ „ Juli . . .	+ 16,5°	+ 18,8°
Differenz	14,9°	61,7°

die beide auf demselben Breitenkreise liegen, aber das eine im innersten Kontinent, das andere im äußersten Küstenstrich; im Kontinent ist die jährliche Temperaturschwankung viermal so groß als auf der Insel.

Das alles dachten wir uns bisher noch ohne Wasserbewegung. Wenn aber an einer Küste des Kontinents eine Strömung des Wassers nach Norden geht, so wird das Wasser, soweit es sich nicht unterwegs abkühlt, auch seine hohe Temperatur mit nach Norden nehmen; die Linien gleicher Temperatur werden also mit nordwärts gezogen. Wenn jetzt etwa im Winter infolge des dort gerade herrschenden Zirkulationssystems Winde vom Meere auf das Land wehen, dann werden sie eben noch größere Wärme in die Küstenzone tragen, als sie es ohne diese Wasserbewegung tun würden. Wenn umgekehrt z. B. an der anderen Küste des gedachten Kontinents eine Strömung südwärts geht und die kalten Temperaturen des Polarmeeres mitbringt, so werden die Linien geringerer Temperatur äquatorwärts gezogen; und wenn an solcher Küste, etwa im Sommer, ein Wind vom Meere auf das Land weht, wird er noch größere Kühle in das Küstengebiet tragen, als es ohne die Wasserbewegung geschähe.

Der thermische Einfluß einer Meeresströmung besteht somit im allgemeinen darin, daß sie eine klimatische Einwirkung des Windes, die meist schon vorhanden ist, stärken oder schwächen kann. Daraus geht aber auch zugleich die wichtige Tatsache hervor, daß die Meeresströmung ohne Vermittlung des Windes überhaupt nicht auf das Klima der Länder zu wirken vermag, sondern eben nur, wenn der Wind von ihr aus auf das Land weht. Das vergaßen z. B. die russischen Ingenieure, die vor einigen Jahren allen Ernstes die Frage erwogen, ob man nicht das Klima des Kriegshafens Wladiwostok, der den ganzen Winter zugefroren ist, verbessern könne, indem man die kalte Strömung, welche durch das Japanische Meer fließt, ableite. Das kalte Klima dieser Küstenstadt ist aber bedingt durch die eisigen Nordwestwinde, die im Winter konstant aus Sibirien heraus über Stadt und Hafen wehen; hier beeinflußt also die kalte Strömung das Winterklima ebensowenig, wie es eine wärmere tun würde.

Digitized by Google

Außer der Temperatur ist das wesentlichste Element des Klimas die Feuchtigkeit der Luft, und auch sie wird durch die Meeresströmung graduell beeinflußt. Je wärmer nämlich die Luft ist, desto mehr Wasserdampf kann sie fassen und mit sich führen; infolgedessen ist die Luft, die von kalten Strömungen kommt, trockener als die, welche von warmen kommt.

Der Einfluß der Meeresströmungen ist also in jeder Hinsicht im Vergleich zu den zuerst erörterten Einflüssen immerhin nur ein sekundärer; die Verteilung von Wasser und Land ist doch stets neben der Breite das bei weitem ausschlaggebendste Moment, namentlich in den großen Zügen der Klimaanordnung. Dieses Moment hat z. B. bedeutendsten Anteil an dem Kontrast zwischen den zentralen Wüsten und den peripherischen Abflußgebieten in dem größten Kontinent Asien, es ist ferner wirksam in dem Unterschied zwischen der nördlichen und südlichen Hemisphäre, indem die nördliche wegen ihrer ausgedehnten Landmasse mehr kontinentalen Charakter hat als die südliche, und endlich kommt es teilweise zum Ausdruck in dem Gegensatz der Alten Welt mit ihrem Wüstengürtel zur Neuen Welt mit ihren ausgedehnten Urwaldregionen. Aber wenn danach auch die Meeresströmung nicht an erster Stelle unter den klimatischen Faktoren steht, so ist ihr Einfluß dennoch nicht zu unterschätzen, wie sich zeigen wird.

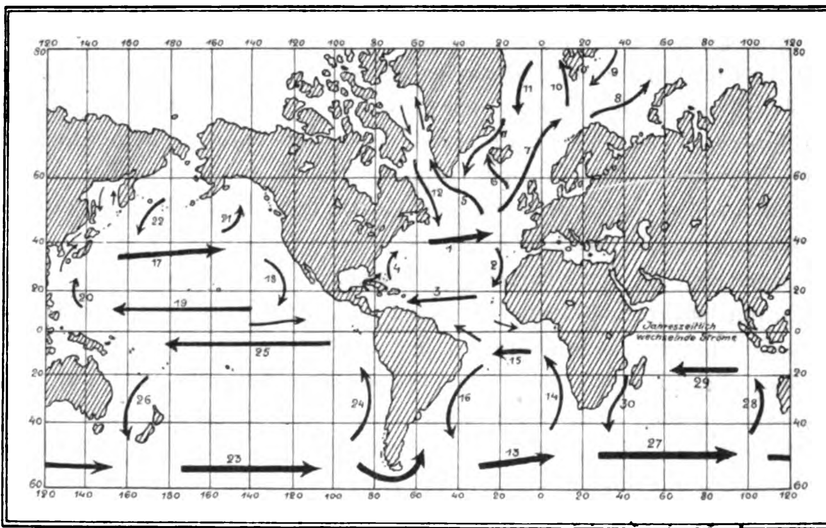
Suchen wir uns nunmehr zunächst einen großzügigen Überblick über die Strömungen des Weltmeers zu verschaffen, so ist das leichter, als es auf den ersten Blick scheint, und zwar nach dem folgenden in der Skizze erkennbaren Schema:

Der Atlantische und der Stille Ozean erstrecken sich meridional von der einen Polarregion zur andern, und der Indische ist im wesentlichen auf die Südhalbkugel beschränkt. Nun geht in allen drei Ozeanen unter etwa 40—60° der Breite eine Wasserbewegung von West nach Ost. Von ihr aus aber herrscht die Tendenz zu einem Kreislauf nach dem Äquator und nach den Polen hin, und zwar auf der Nordhalbkugel nach dem Äquator im Sinne des Uhrzeigers, nach dem Nordpol hin entgegen dem Uhrzeiger, auf der Südhalbkugel umgekehrt nach dem Äquator hin entgegen dem Uhrzeiger. Nach dem Südpol hin besteht insofern eine Abweichung, als die Südkontinente in 40—50° schon ihr Ende finden und darum ganz natürlich jene Westostströmung in einheitlichem Ring die Erde umschlingt; in sie biegt dann eine südlich davon den Südpolarkontinent umkreisende, ostwestliche Strömung unmittelbar ein.

Das ist das ganze Strömungssystem, zwar nicht genetisch und genau entwickelt, aber doch wenigstens zum Überschauen bequem.

Digitized by Google

Alle diejenigen dieser Strömungen, welche in der Richtung von den Polen gegen den Äquator fließen, sind relativ kalt, weil sie ihre niedrigen Temperaturen in die an sich wärmeren Zonen hineintragen. Hierzu gehören somit in den polnahen Kreisläufen die westlichen Stücke (9, 11, 12, 22), in den äquatornahen die östlichen (2, 18, 24, 14, 28). Umgekehrt werden alle Strömungen, die von niederen nach höheren Breiten gerichtet sind, als relativ warm erscheinen, also in den äquatornahen Kreisläufen die westlichen (4, 20, 26, 16, 30), in den polnahen die östlichen Stücke (5, 6, 7, 8, 10, 21). — Ein Blick auf eine Karte der Wärme-



Skizze der Meeresströmungen.

(Auf die den Strompfeilen beigefügten Nummern wird im Text Bezug genommen. Die Stärke der Pfeile hat keine Beziehung zur Stärke der Strömungen, sondern soll nur die Symmetrieerscheinungen verdeutlichen).

verteilung würde auch zeigen, wie in der Tat jede Strömung die Temperaturlinien in ihrer Richtung zu verschieben strebt.

I. Die polnahen Stromkreise.

Nach dem Schema verlaufen also die Strömungen im allgemeinen entgegengesetzt an Ost- und Westküsten, und dementsprechend besteht ein durchgreifendes Gesetz auch des klimatischen Gegensatzes zwischen Ost- und Westküsten. In der Ahnung dieses Gesetzes hat bereits Parry nach seiner dritten Polarfahrt 1821 als einen Leitsatz für die Eisschiffahrt die Tatsache hingestellt, daß die Ostküsten irgendeines nordpolaren Landes im allgemeinen stärker von Eis umgürtet seien als die Westküsten.

Digitized by Google

Wer vor allem in angenehmster Weise jenes Gesetz zu fühlen bekommt, das sind wir Bewohner Europas, wie dies im Anfang des vorigen Jahrhunderts der deutsche Naturforscher Leopold von Buch zuerst überzeugend darlegte. In frühen Schuljahren lernen wir heute, daß der Golfstrom (4, 1, 7), der in äußerst raschem Lauf aus dem Golf von Mexiko hervorschießt und seine tropisch erwärmten Wasser über den Nordatlantischen Ozean sendet, die Warmwasserheizung für ganz Nordwesteuropa darstellt, und daß wir es ihm zu danken haben, wenn einige Meilen nördlich von Drontheim noch Kirschen reifen, d. h. in Breiten, wo drüben auf der amerikanischen Seite zerstreute Eskimostämme in Schneehütten ein dürftiges Dasein fristen. Wir lernen ferner, daß kein einziger Hafen oder Fjord der ganzen norwegischen Küste im Winter zufriert, während die 10 Breitengrade südlicher gelegene Küste von Labrador drei Viertel des Jahres in schwerem Eise starrt, und daß endlich im nördlichsten Teile Norwegens noch Getreide gebaut wird, d. h. in derselben Breite, in der drüben im amerikanischen arktischen Archipel die Franklin-Expedition in Eis und Schnee ihr Grab fand.

Aber die auf die Strömungen basierten klimatischen Unterschiede im Nordatlantischen Ozean zeigen sich auch bis in kleinste Details. So z. B. findet man beim Vergleich der Temperaturen von Aalesund und Bergen, daß das letztere etwas höhere Sommertemperatur hat, was wegen der südlicheren Lage begreiflich ist, daß dagegen Aalesund wesentlich höhere Wintertemperatur als Bergen aufweist; dieser Unterschied beträgt sogar $2^1/_2{}^0$, und zwar trotz der nördlicheren Lage. Das scheint folgendermaßen erklärlich: im Sommer weht die Luft aus West und Nordwest, also für beide Orte gleichartig vom freien Atlantischen Golfstrom her, im Winter dagegen aus Südwest, und dieser Südwestwind bedeutet für Aalesund noch gerade direkten Zuzug vom freien Atlantischen Strome her, für Bergen jedoch mehr über England und über die etwas kühlere Nordsee. Außerdem mag die freie Küstenlage von Aalesund gegenüber dem etwas zurückliegenden Bergen hierbei ins Gewicht fallen.

	Aalesund	Bergen
Mitteltemperatur des Januar . .	+ 1.7	− 0.9
,, ,, Juli . . .	+ 13.1	+ 14.4

Gehen wir hinüber in die Baffinbai, so finden wir die Ostküste erheblich unwirtlicher als die Westküste, an der im Sommer noch Radieschen wachsen und Blumen blühen. Das bewirkt hier ein warmer Stromzweig (5), der, vom Golfstrom abgesplittert, an der grönländischen Westküste entlang nordwärts zieht und im Sommer vielfach laue Lüfte ins eisfreie Küstenland sendet. — Von Grönland selbst ist wieder die Ostküste un-

Digitized by Google

günstiger gestellt als die Westküste; denn mögen dort die Winde auch vom Meere wehen, so sind sie zwar wärmer als die aus dem eisigen Innern, aber dennoch immer kalt, weil sie über einen eisbeladenen Strom (11) kommen. So reichen denn an der Westseite Eskimosiedelungen bis 74°, an der Ostseite nur bis zum Polarkreis. — Hart stoßen ferner die Gegensätze aufeinander zwischen Ostgrönland und Westisland: dicht neben dem eisbeladenen Strom (11) liegt wieder eine bewohnte Westküste, weil der Golfstrom einen Zweig (6) an ihr entlang und sogar noch eine Strecke an der Nordküste hin sendet, der die Insel vor der ständigen Blockierung mit Polareis schützt.

Die kleine Insel selbst steht wiederum unter dem Zeichen klimatischen Gegensatzes. Island liegt nämlich ebenso wie Spitzbergen mitten auf der langen Kampflinie, die von Neufundland bis ins Eismeer reicht, und auf welcher der Golfstrom und der Polarstrom, der feurige Sohn der Tropen und der eisige Riese der Arktis, zu gewaltigem Ringen zusammenstoßen und ineinanderfallen mit mächtigen Armen, in buchstäblichem Sinne. Mit einem seiner Arme umschließt der Golfstrom auch die Westküste Islands, mit dem anderen der Polarstrom die Ostküste. Darum ist diese schon niedriger temperiert als jene. Während aber die Differenz bei der Kleinheit der Insel nicht groß sein kann, kommt doch in zwei anderen klimatischen Erscheinungen diese Lage der Insel zwischen den Stromsystemen stark zum Ausdruck: erstens in den schroffen Witterungsumschlägen, die eintreten, wenn der Wind kurz nacheinander von der kalten und der warmen Seite kommt, und zweitens in den sehr großen Schwankungen der Mitteltemperatur des März von Jahr zu Jahr. So war z. B. im März 1856 in Stykkisholm die Mitteltemperatur des Monats + 4,5°, d. h. wärmer als die normale Märztemperatur von Wien, dagegen war sie 1881 — 13,6°, d. i. gerade die mittlere Januartemperatur von Archangel. In dem ersteren Falle hatte der Wind andauernd aus Süden, also über den warmen Strom, in dem letzteren aber aus Norden geweht und riesige Eismassen mit sich gebracht. Überhaupt ist mit dem arktischen Treibeis das Klima der Insel und sogar der Wohlstand seiner Bewohner, namentlich an der Ost- und Nordküste, eng verknüpft: in Jahren mit schwerem Treibeis ist die Witterung kalt, die Heuernte schlecht, die Schafe bleiben mager und sterben vielfach, auch die Fischzucht leidet, und so ist z. B. die Periode der vierziger Jahre noch in Erinnerung der dortigen Bewohner, weil sie gerade eine Zeit ständigen Eismangels und infolgedessen großen ökonomischen Aufschwungs war.

Analog der Insel Island verhält sich endlich noch ganz im Norden Spitzbergen. Auch dahin dringen ja, wie zuerst 1820 der Walfänger Scoresby erkannte, die Ausläufer des Golfstroms vor (10), und zwar wieder

Digitized by Google

an der Westküste. So sehen wir denn dem noch nie von einem Menschen betretenen oder auch nur gesehenen Gestade Grönlands direkt gegenüber eine Küstengegend, die nicht nur schon von Hunderten von Forschungsreisenden besucht ist, nicht nur in jedem Sommer einen Tummelplatz für den Walfang bildet und zur Blütezeit dieses Fangbetriebes im 17. Jahrhundert eine förmliche Stadt aufwies, sondern sogar seit einem Jahrzehnt in jedem Sommer das Ziel von Vergnügungsfahrten zu bilden vermag. Aber diese Fahrten bewegen sich auch stets nur an der Westküste, nie an der Ostküste, denn dahin dringen keine Golfstromwasser und keine Golfstromlüfte. Die Ostküste ist vielmehr von polaren, südwärts ziehenden Wassern (9) bespült und meist von treibendem Eis blockiert, wenn an der Westküste mühelos die Touristenschiffe entlang fahren können, um erst auf 80° der Breite das ewige Eis zu treffen[1].

An der Westseite passiert man dabei die schmale, langgestreckte Insel Prinz-Karls-Vorland, die zum ersten Male im vorletzten Sommer näher untersucht wurde, und zwar von dem schottischen Naturforscher Bruce. Er fand die Vegetation an dieser Westseite auffallend üppiger als an der Ostseite. Es äußert sich also selbst in so kleinem Maßstab noch der Einfluß der Golfstromlüfte, denen die Westküste geöffnet ist, im Gegensatz zu den eisigen Winden, welche die Ostküste treffen.

Endlich bietet ein treffliches Beispiel für den klimatischen Unterschied zwischen Ost und West die Doppelinsel Nowaja Semlja, die meridional lang gestreckt zwischen den äußersten Ausläufern der Golfstromwasser (8) und dem Eiskeller des Karischen Meeres wie ein Scheidewall liegt. Demgemäß fand schon der russische Naturforscher Ernst von Baer einen merklichen Unterschied in Fauna und Flora zwischen beiden Küsten, und im Polarjahr 1882/83 erwies sich an einer Station der Westküste das Sommertemperaturmittel um 3° höher als an einem Punkt des Karischen Meeres, der noch um einen Breitengrad südlicher lag.

Schließlich geben die folgenden Zahlen aus dem Polarmeer selbst die Jahrestemperatur von drei unter der gleichen Breite von 78—80° gelegenen Punkten: Spitzbergen —7 1/2° C., Franz-Josefs-Land —15 1/2° C. und ca. 130° östl. L. (Framtrift) —18° C. Das Sinken der Temperatur wird also mit der Entfernung vom Golfstrom nach Osten hin ganz bedeutend.

Nachdem wir so den durch den Golfstrom in allen seinen Verästelungen bewirkten Kontrast zwischen West- und Ostküsten verfolgt haben, kehren wir nochmals zu seiner Hauptfront zurück, zu Nordwesteuropa, um dessen Klima ebenso wie das der amerikanischen Gegengestade noch etwas genauer zu charakterisieren. Unter dem direkten

[1]) Gelegentlich allerdings gibt es auch in diesen Verhältnissen bedeutende Ausnahmen, wie gerade die letzten Sommer gelehrt haben.

Digitized by Google

Einfluß des Golfstroms steht natürlich nur der Küstenstrich, der je nach dem Verlauf der Gebirge mehr oder weniger breit ist. Auf der skandinavischen Halbinsel wird z. B. der Einfluß auf einen sehr schmalen Streifen ziemlich scharf beschränkt. Aber durch die Zugstraßen der Luftdruckminima, die vom Atlantischen Ozean her über Europa ziehen, wird doch noch ein weites Gebiet bis über den Jenissei hinaus und nach Archangel hinauf der mehr indirekten Einwirkung der Golfstromluft unterstellt. Überall sind hier die vorwiegenden westlichen Winde die winterlichen Wärmespender, die sommerlichen Kühler und die ständigen Regenbringer. Es gedeihen deshalb z. B. in Brest Pflanzen, denen der Winter sogar in Montpellier schon zu rauh ist, wie Bambusse und Feigenbäume; andererseits werden Früchte, die eine hohe Sommerglut verlangen, hier nicht reif, so Wein und Mandeln.

Das Winterklima der Golfstromküsten verbindet mit der angenehmen Milde die Nachteile, daß es trübe, feucht, regnerisch und stürmisch ist; es hat also ganz anderen Charakter als z. B. der gleichfalls milde Winter in den tiefgefurchten südlichen Alpentälern, weil die Ursachen völlig verschieden sind. Der Küstenwinter ist bedingt durch warme, feuchte Seewinde unter Abwesenheit von Strahlung, der Winter der Alpentäler dagegen durch sehr intensive Bestrahlung bei Schutz vor jeglichen Winden, besonders den nördlichen.

Man könnte leicht glauben, daß der Einfluß eines warmen Stromes in der warmen Jahreszeit eigentlich wenig Sinn hätte, da er ja dann doch nicht anders als kühlend wirken könnte. Das ist sicher nicht richtig für höhere Breiten. Auch schon in unseren Breiten wäre die Wirkung eines etwas kühleren Stromes auf den Sommer ungünstig; wir hätten nämlich geringere Niederschläge und größere gelegentliche Temperatursprünge. In höherer Breite ist seine Wärme noch wesentlicher. Denn wäre er z. B. kühler, so würde er einmal an sich schon mehr kühlend wirken und wäre dann für diese Breiten bereits unangenehm. Er würde ferner, was noch wichtiger ist, die winterliche Eisbildung an den Küsten dann nicht verhindern können und im Sommer der Luft beträchtliche Wärmemengen zum Schmelzen entziehen lassen, was die Sommertemperatur jener Küsten sehr erheblich herabdrücken würde.

Wie wesentlich auch noch für unsere Breiten der weite Vorstoß des Golfstroms nach Norden ist, das möge ein Vergleich mit Amerika zeigen. Am unangenehmsten sind bekanntlich bei uns die Temperatursprünge, wenn ein südlicher Wind in einen nördlichen umschlägt. Solche Nord- und Nordostwinde werden aber niemals so kalt, als wenn ganz Nordeuropa schon von weiten Eisflächen umlagert wäre, wie es in Nordamerika durch die Hudsonbai der Fall ist. Das ganze Mittelland von

Digitized by Google

Nordamerika, jene breite Niederung zwischen zwei Gebirgsmassen, liegt zwischen zwei Meeren, von denen das eine, der Golf von Mexiko, durch die Äquatorialströmungen ein förmliches Wärmereservoir, das andere, die Hudsonbai, infolge der wie in einem Sack treibenden Eismassen, ein Eiskeller ist. Wenn da die Luftdruckdepressionen quer über den Kontinent ziehen und infolgedessen südliche Winde unmittelbar in nördliche umschlagen, dann bringen diese gefürchteten „Northers" bisweilen Verwandlungsszenen wie die folgende: an einem Januarabend des Jahres 1853 steht in Golcanda am Ohio das Thermometer bei Südwind auf + 17,5°, d. i. höher als die mittlere Julitemperatur von München, und am anderen Morgen (!) zeigt es — 18,7°, d. i. gerade der exstremste Temperaturwert, den im allgemeinen ein Münchener Winter aufweisen kann.

Die Hudsonbai ist es auch, die überhaupt das Klima der amerikanischen Ostseite sehr wesentlich beeinflußt, stärker noch als die eisführende Labradorströmung (12). Diese kalte Strömung hat wenigstens auf den amerikanischen Winter gar keinen Einfluß, weil die Winde sehr konstant aus dem Lande herauswehen. Der amerikanische Winter ist nur deshalb so kalt, weil die Winde aus dem Nordwesten und über die eisbedeckte Hudsonbai kommen. Dagegen wirkt im Sommer jene Strömung allerdings bei dem an der Küste nicht selten auftretenden Seewind stark erkaltend, so daß sehr unangenehme Temperaturstürze an der Küste vorkommen, sogar um 30° in wenigen Stunden, besonders wenn Treibeis davor liegt.

Finden wir an der Labradorküste nur einige Missionsdörfer, die schon sozusagen abgeschnitten von der Kultur in arktischer Öde liegen und die als wichtigstes Naturphänomen das alljährlich wiederkehrende Schauspiel der vorübertreibenden Eismassen bewundern können, so treffen wir in denselben Breiten der Westküste des Kontinents wieder ganz andere Verhältnisse. Denn der Nordpazifische Ozean entspricht wie in den Strömungen so auch im Klima dem Nordatlantischen, indem diese Westküste begünstigt ist (21) vor der gegenüberliegenden asiatischen Ostküste und natürlich auch vor der amerikanischen. An ihr treffen wir denn noch nördlich von 55° besuchte Häfen, wie Port Simpson und Sitka, sehen Indianer noch bis 52° der Breite völlig nackt laufen und hören Kolibris bis 60° Breite hinauf, bis zur Südküste Alaskas.

Aber hier erreicht diese subtropisch anmutende Herrlichkeit auch ihr jähes Ende. Wir brauchen nämlich nur über die schmale Halbinsel hinüberzugehen zur Nordküste, also etwa auf demselben Breitengrad wenige Längengrade nach Westen, um statt des zarten Kolibri den rauhen Vertreter der Arktis, das Walroß, zu begrüßen. Da stehen wir

Digitized by Google

eben an den kalten Wassern des Beringsmeeres, das sozusagen schon ein Vorbassin zum Nordpolarbecken darstellt. Das Ufer ist waldlos, das südliche dagegen ist noch ganz bewaldet. Ein derartiger klimatischer Kontrast in so winziger Entfernung ist aber auch nur dadurch ermöglicht, daß die Halbinsel noch dazu in der Längsrichtung von einem hohen Gebirgszug gekrönt ist.

Wie dem Golfstrom (7) hier der warme Kuro Schio (21), so entspricht dem kalten Ostgrönland- und Labradorstrom (12) der Oya Schio oder Kurilenstrom (22), und die beiden ergeben die Tendenz zum polnahen Kreislauf des Nordpazifischen Ozeans entsprechend dem des Nordatlantischen. Wie verhält sich nun hier das Klima im Bereich der kalten Strömung? Ihr Einfluß ist etwas größer als im Atlantischen Ozean. Da sahen wir nur die Hudsonbai erkaltend wirken, weniger aber die randlichen Strömungen, weil die Winde nicht nur konstant im Winter, sondern großenteils auch im Sommer aus dem Lande wehen. Hier dagegen haben wir, wie überhaupt an der ganzen asiatischen Ostküste, ausgesprochenen Monsunwechsel: im Winter Landwinde, im Sommer Seewinde, beide von außerordentlicher Konstanz. Die Wirkung ist nun verschieden auf dem Festlande und auf den vorgelagerten Inselreihen. Die Festlandsküste wird im Winter bei den ablandigen Winden natürlich gar nicht von der Strömung beeinflußt, wohl aber im Sommer, wo die Winde hineinwehen. So hat z. B. Ochotsk einen sehr kühlen Sommer mit dichtem Nebel und feinem Regen, wenn die Bewohner von Ostsibirien unter drückender Hitze leiden, und jeder Hauch, der dann einmal ausnahmsweise vom Innern an die Küste kommt, läßt sofort die Temperatur hoch ansteigen, um 15 und 20°. Ähnlich wie das Festland verhält sich auch noch die dicht davorliegende Insel Sachalin; sie hat sehr kalte Winter und kühle Sommer. Da aber die Seeluft von den kalten Strömungen direkt mehr die niederen Küstenregionen und weniger die Höhen im Innern erreicht, so zeigt die Insel eine merkwürdige Vegetationsanordnung, nämlich in den Küstenniederungen arktische Flora, also Tundren und Torfmoose mit Renntieren (in der Breite von Triest!), dagegen in größerer Höhe japanische Subtropenvegetation und auf den Gipfeln wieder arktische.

Etwas anders nun ist die Wirkung, wie gesagt, bei den vorgelagerten Inseln, z. B. bei Japan. Da wird Sommer- wie Winterklima durch Strömungen beeinflußt. Das japanische Inselreich teilt nämlich den von Süden kommenden Kuro Schio (20) in zwei Arme, von denen der eine in das Japanische Meer der Hauptinsel entlang geht, der andere (der Hauptast) draußen vorbeizieht und bei Kap Kinquasan hart mit dem kalten Oya Schio (22) zusammentrifft. Darum sind die japanischen Inseln bis 36° der Breite auf beiden Seiten von warmem Wasser um-

Digitized by Google

flossen, von da ab nordwärts aber auf der Innenseite von warmem, auf der Aussenseite von kaltem. Infolgedessen ist im Süden die Außenküste ein wenig wärmer als die innere, im Norden dagegen die innere wärmer als die vom kalten Oya Schio bestrichene äußere. Ganz Japan aber hat vor dem Festland den großen Vorteil, daß die eiskalte Winterluft des letzteren über dem Japanischen Meere und besonders über dem warmen Küstenstrom erwärmt und befeuchtet wird, so daß auf dem Inselreich eine große Gleichmäßigkeit des Klimas durch das ganze Jahr herrscht. Auch der Schneefall an der milden, feuchten Westküste ist darum so reichlich, daß man im Winter vielfach die oberen Stockwerke der Häuser aufsuchen muß, um überhaupt ans Tageslicht zu kommen.

Werfen wir jetzt einen vergleichenden Blick auf die beiden nördlichen Ozeane, so ergibt sich bei beiden der gemeinsame Zug der klimatischen Begünstigung der Westküsten und der Benachteiligung der Ostküsten. Beide Ozeane unterscheiden sich aber andererseits auch wesentlich. Der Nordatlantische nämlich steht durch breite Pforten in unmittelbarem Zusammenhang mit dem hohen Eismeer, der Nordpazifische ist durch eine enge Straße schon in niederer Breite (65°) fast abgeschlossen. In dem einen ist deshalb der Austausch zwischen den kalten und warmen Wassern ungemein lebendig, d. h. der ganze polnahe Kreislauf ist fast bis ins Herz des Polarmeers hinaufgezogen; in dem anderen fehlt diese Spannkraft sozusagen, und der Kreislauf ist zu einem matten Abbild verkrüppelt. Demgemäß ist im Atlantischen Ozean die klimatische Bevorzugung der Westküsten sehr groß, die Benachteiligung der Ostküsten groß und der Gegensatz groß; im Pazifischen Ozean dagegen ist die Begünstigung der Westseite geringer, der Rückstand der Ostseite geringer und der Kontrast geringer.

Um nunmehr die Betrachtung von den nordhemisphärischen polnahen Stromkreisen auf die der Südhalbkugel überzulenken, möge zunächst ein Vergleich zwischen beiden vorgenommen werden. Während auf der Nordhalbkugel durch die weit nördliche, meridionale Erstreckung der Kontinente die Meeresströmungen in ebenfalls meridionale Richtung gedrängt und dadurch eben zum Kreislauf gebracht werden (in besonders energischer Weise im Atlantischen Ozean), fällt auf der Südhalbkugel jene Ursache weg, indem die Kontinente alle in niederen Breiten überhaupt endigen, und damit fällt auch die Erscheinung des Wasseraustausches zwischen hohen und niederen Breiten weg. Es tritt statt dessen mächtig in den Vordergrund die Wasserbewegung in breitenparalleler Richtung, indem die Westwindtrift sich zwischen 40 und 60° um die ganze Erdkugel schlingt (23, 13, 27) und südlich davon entgegengesetzte Strömungen unmittelbar in sich aufnimmt, so daß hier von einem

Digitized by Google

Kreislauf eigentlich nur noch der Analogie wegen gesprochen werden kann. Im Norden sehen wir infolgedessen schärfste Kontraste zwischen warmen und kalten Strömungen in Ost und West und damit schärfste Kontraste im Klima gegenüberliegender Küsten; im Süden gewahren wir denkbar größte Uniformierung in Gestalt eines geschlossenen, sehr gleichgearteten Strömungsgürtels und damit auch verhältnismäßig große Einheitlichkeit des Klimas in ostwestlicher Richtung.

Dieser völlig ringförmige Abschluß der Antarktis bedingt es einmal, daß die gelegentlichen Vorstöße der Polarnatur in Form von treibendem Eis nicht so regelmäßig und fest auf bestimmte Regionen beschränkt sind und keine so geschlossenen Eistriften im Sinne der nordpolaren bei Neufundland und Island bilden, sondern daß vielmehr das Treibeis ringsum regelloser zerstreut auftritt. Dieser einheitliche Abschluß bedingt es ferner, daß, wo immer man den Strömungsgürtel durchbricht, man jedenfalls in der Antarktis, im Antarktischen Meere ist, und daß dann der Breitengrad keine wesentliche Rolle mehr für das Klima und die Naturbedingungen spielt, sondern daß diese und damit auch das Vordringen von Expeditionen fast nur noch eine Frage der Küste, eine Frage der Verteilung von Wasser und Land sind. Wie ganz anders ist das im Norden! Je nachdem an welcher Stelle, mit welchen Strömungen man ins nordische Eis vorzudringen versucht, kann man eisiges Polarland schon in recht niederen oder auch noch wirtliche Gestade in sehr hohen Breiten treffen, kann man auf 65° in Schnee und Eis zugrunde gehen oder auch eine liebliche Touristenfahrt bis 81° Breite machen. Im Süden aber ist jedweder Küstenpunkt des antarktischen Kontinents[1]), mag er auch stellenweise noch vor dem Polarkreis liegen, nur den Mutigsten zu schauen vergönnt. Den vereinzelten Pionier der Wissenschaft umfängt hier die ganze Herbe der Polarnatur mit inselgroßen Eiskolossen und fürchterlichem Schneegestürme in denselben Breiten, auf denen man im Norden noch unterm Blütenschnee von Kirschenhainen wandeln und auf freundlich blauer Fläche von Seen und Fjorden gondeln kann.

Die Zone der Westwindtrift verleiht den wenigen in ihr liegenden Landgebieten ein besonderes klimatisches Gepräge. Vor allem wehen hier ringsum die braven Westwinde mit einer großen Beständigkeit und Stärke, die sehr oft in Sturm ausartet. So erlebte z. B. die Kerguelen-

---

[1]) Auch hier gibt es allerdings wieder bedeutende Verschiedenheiten. Es sei nur an die ungünstigen Verhältnisse erinnert, welche die „Gauss" sowie alle ihre Vorgänger in der Ostantarktis erlebten, währenddem die Küste des Viktorialandes noch jeder Expedition Zugang gewährte. Doch sind diese antarktischen Kontraste ganz anderer Art und in ganz anderen Verhältnissen begründet, und ihre Erörterung würde uns zu weit vom Thema abführen.

Digitized by Google

station der deutschen Südpolar-Expedition jeden fünften bis sechsten Tag des Jahres Sturm. Roß hatte in der kurzen Frist, die er hier verbrachte, nämlich in 68 Tagen, sogar 45 Sturmtage. Und bekannt ist das Kap Horn als einer der gefürchtetsten Punkte der Schiffahrt[1]); bezeichnend hierfür sind Darwins kurze Worte, die er bei seiner stürmischen Umsegelung des Kaps schrieb: „Das Kap forderte seinen Tribut."

Diese Westwinde schlagen nun auf die Westküste Südamerikas südlich von 40° auf und bringen bei der niedrigen Wassertemperatur zwischen 5 und 10° eine ziemlich große Kühle; zugleich lassen sie, da sie an dem hohen Andengebirge aufsteigen müssen, ihren vom Meere mitgebrachten Wasserdampf in reichlichen Niederschlägen fallen und bleiben sich endlich das ganze Jahr hindurch hierin ziemlich gleich. Die drei Eigenschaften, Gleichförmigkeit, Kühle und Niederschlagsreichtum, haben eine starke Vergletscherung zur Folge, wie wir sie deshalb ja auch sonst an allen Westküsten der höheren Breiten in den oberen Gebirgsregionen finden. Hier unten reicht aber schon in 47° südl. Br. ein Gletscher bis zur Meeresküste herab, was in Norwegen erst auf 67°, also um 20 Breitengrade näher dem Pole, statt hat. Da so die Gletscherenden im südlichen Südamerika besonders tief herabkommen und da andererseits in den untersten Gebirgsregionen, wo die Temperatur noch nicht so kühl ist, wegen der Gleichförmigkeit und der reichen Niederschläge eine äußerst üppige Vegetation gedeiht, so fällt hier merkwürdigerweise die untere Grenze des ewigen Schnees mit der oberen Grenze des Baumwuchses fast zusammen.

Den höchsten Grad erreicht die Gleichförmigkeit weit im Süden, im Feuerland mit seinen fast das ganze Jahr hindurch herrschenden Stürmen aus Südwest bis Nordwest, seinem grauen, düsteren Himmel, aus dem selten die Sonne hervortritt und fast unaufhörlich Wasser in allen Formen, als Regen, Hagel, Graupeln, Schnee und Eisnadeln, herniederstürzt. Das Klima ist somit bei seiner großen Gunst für die Vegetation doch recht unerfreulich für das menschliche Gefühl.

An der Ostküste ist der Strom, weil er um die Südspitze herum nordwärts zieht, noch kälter, aber trotzdem ist das Klima wärmer. Das ist nämlich z. B. ein Fall, wo die Meeresströmung absolut gar keinen Einfluß auf das Klima hat. Denn die Winde wehen hier das ganze Jahr mit großer Konstanz aus Westen über das Land hin, und für das Klima der Ostküste ist deshalb nur der Umstand maßgebend, daß das Innere des Landes im Winter stärker erkaltet, im Sommer stärker er-

[1]) Vgl. z. B. die schlimmen Erfahrungen, welche die Schiffahrt hier in dem einen Monat September 1905 gemacht hat, wie sie in „Annalen der Hydrographie" 1907, S. 537—544, beschrieben sind.

Digitized by Google

hitzt wird, so daß die Winde an die Ostküste im Sommer höhere, im Winter tiefere Temperatur als an die Westküste bringen. Die Westwinde haben aber hier auch ihre Feuchtigkeit bereits eingebüßt und bringen der Ostküste Trockenheit. So lacht hier vielfach ein blauer Himmel über trocknen, fruchtbaren Ebenen, während an der Westküste die undurchdringlichen Wälder auf den düsteren Bergrücken von endlosen Stürmen gepeitscht werden.

	Westküste $41^3/_4{}^\circ$ Br.	Ostküste $43^1/_3{}^\circ$ Br.
Mitteltemperatur des Januar . .	13.6°	21.0°
„ „ Juli . . .	7.7°	5.1°
„ „ Jahres . .	10.4°	13.0°
Mittlere jährliche Regenhöhe . .	3400 mm	210 mm

Wie sich weiter unten zeigen wird, kehren sich in dem äquatornahen Teile von Südamerika die Rollen beider Küsten gerade um, und es entstehen hierdurch z. B. an der Westküste solch schroffe Übergänge der Klimatypen, daß nur 9 Breitengrade nördlich von dem Punkt, wo der letzte Gletscher ins Meer steigt, auch schon Palmen wachsen. Gehen wir aber zunächst in der Westwindströmung weiter, so finden wir in dem von ihr völlig umfluteten Archipel der Kerguelen insofern Übereinstimmung mit jenen südamerikanischen Verhältnissen, als auch hier die Vergletscherung besonders an die Westküste, wo die Winde aufschlagen, gebunden und der jährliche Temperaturgang sehr gleichmäßig ist, nur noch gleichmäßiger, weil hier jeglicher kontinentale Zusammenhang und Einfluß fehlt. Wie völlig die jahreszeitlichen Extreme hier abgestumpft sind, zeigen diese Temperaturwerte: Januar + 6.4°, Juli + 1.8°, Jahr + 4.2°. Auch die ganze Jahrestemperatur ist demnach schon beträchtlich niedriger als in Südamerika unter gleicher Breite. Noch wesentlich mehr Polarcharakter der Westwindströmung äußert sich endlich im Klima der südöstlich von Feuerland gelegenen Inselgruppen, z. B. in dem von Südgeorgien, das noch um fast einen Grad dem Aquator näher liegt als Kap Horn. In starkem Gegensatz zu den üppig bewaldeten Bergen jener süd-

	Kap Horn	Südgeorgien
Mitteltemperatur des Januar . .	+ 7.6°	+ 4.6°
„ „ Juli . . .	+ 3.0°	− 2.3°
„ „ Jahres . .	+ 5.4°	+ 1.4°

chilenischen und feuerländischen Westküsten sind diese Inselgruppen aller höheren Vegetation bar, beherbergen nur ein spärliches Moos und Gras

Digitized by Google

und hüllen ihren tiefgefrorenen Boden meist in Eis und Schnee. Diese Verhältnisse erklären sich daraus, daß die Westwindströmung die ganze Südspitze des Kontinents noch in verhältnismäßig warmes Wasser hüllt, das aus niederer Breite stammt, daß sie dagegen östlich des Kontinents einen starken Vorstoß nach Norden aus dem Eismeer heraus nimmt und so diese Inselgruppen schon mit dem echt polaren Wasser ihrer Südkante bespült. Was aber diese starke nördliche Komponente der Westwindtrift wiederum begreiflich macht, dürften folgende zwei Momente sein: erstens fangen sich in den hohen Südbreiten die vermutlich westwärts strömenden Wasser im Weddellmeer und werden durch die dann umbiegende Küste nordwärts hinaus gedrängt, zweitens wird gleichzeitig das Westwindwasser durch die unter dem starken Passatwind angetriebene südwestafrikanische Strömung nordostwärts gezogen.

Um die letzten Betrachtungen zusammenzufassen: es ergibt sich also überall als Signatur der Westwindströmung eine große Gleichförmigkeit des Klimas, und zwar in Südamerika noch bei ziemlich hoher Temperaturlage, auf Kerguelen wegen der völlig freien Lage der Inseln mitten in der Strömung schon bei erheblich niedrigerem Wärmegrad, endlich bei den Inseln des südwestlichen Atlantischen Ozeans mit noch tieferem Temperaturstand, weil die Strömung da schon ihre antarktische Seite zur Geltung bringt.

Ich glaube aber die Eigenart der eben geschilderten klimatischen Verhältnisse kaum besser verdeutlichen zu können, als wenn ich sie schließlich noch einmal in einem Gesamtbild, auf die Nordhalbkugel in die entsprechenden Breiten Nordwesteuropas versetzt, in dem klassischen Wortlaut eines Meisters der Naturschilderung, Ch. Darwins, darstelle:

„Es würden zunächst in der Breite von Lissabon die gemeinsten Seemuscheln noch einen tropischen Charakter haben. In den südlichen Provinzen von Frankreich würden prachtvolle Wälder, durch baumartige Gräser verflochten, ihre Bäume mit parasitischen Pflanzen beladen, die Oberfläche des Landes bedecken. Selbst so weit nördlich wie Dänemark würde man Kolibris um Blumen flattern und Papageien zwischen den immer grünen Wäldern ihre Nahrung finden sehen. Nichtsdestoweniger würde auf einigen nur 360 Meilen nördlich von unserem Kap Horn in Dänemark liegenden Inseln ein im Boden begrabener Tierleib beständig gefroren erhalten bleiben. Wenn irgendein kühner Schiffer den Versuch wagte, nördlich von diesen Inseln vorzudringen, würde er tausend Gefahren zwischen riesigen Eisbergen ausgesetzt sein. Eine andere Insel von bedeutender Größe in der Breite des südlichen Schottland, aber zweimal so weit nach Westen, würde beinahe gänzlich mit ewigem Schnee bedeckt sein, und jede Bucht würde mit Eisklippen enden, von

Digitized by Google

denen sich jährlich große Massen lösten. Diese Insel würde sich nur eines kleinen Mooses und Grases rühmen können, und eine Heidelerche wäre ihr einziger Landbewohner. Von unserm neuen Kap Horn in Dänemark würde eine Bergkette, kaum halb so hoch wie die Alpen, in gerader Linie nach Süden laufen, und auf ihrer Westseite würde jede tiefe Meeresbucht, jeder Fjord in steilen und erstaunlichen Gletschern enden. Diese einsamen Kanäle würden häufig vom Sturz der Eismassen widerhallen, und ebenso häufig würden große Wellen den Küsten entlangstürzen. Zahlreiche Eisberge, manche so hoch wie Dome, würden an den äußeren Inseln stranden. Endlich würden Missionare, welche in einen langen Meeresarm (Penasgolf) einzudringen versuchten, sehen, wie die nicht hohen, umliegenden Berge viele große Eisströme nach den Meeresküsten hinabsenden, und ihre Weiterfahrt in ihren Booten würde durch unzählige Eisberge, manche groß und manche klein, aufgehalten werden, und dieses würde geschehen an unserm 22. Juni und in einer Breite, in der sich jetzt der Genfer See ausbreitet."

II. Die äquatornahen Stromkreise.

Wesentlich einfachere und einheitlichere Erscheinungen als die polnahen werden uns die nunmehr zu erörternden äquatornahen Stromkreisläufe zeigen. In ihnen zieht an den Westküsten eine aus höheren Breiten zurückkehrende, d. h. kühle Strömung, an den Ostküsten dagegen eine warme, also gerade umgekehrt wie in den polnahen Kreisläufen. Nun haben alle diese kalten rückkehrenden Strömungen hier eine merkwürdige Begleiterscheinung, die ihre ungünstige Wirkung auf das Küstenklima noch verstärkt, nämlich alle haben an ihrer Landseite ein Heraufpressen oder Heraufdrängen des Wassers aus tieferen Schichten, das natürlich noch kälter als das der Oberfläche ist. So wurde z. B. einmal auf der Reede von Callao an der Westküste Südamerikas die Wassertemperatur 18,3° und nur 130 Seemeilen von der Küste ab bereits 27° gemessen, also 9° mehr. Das ist eine Temperaturdifferenz, wie sie in Nordsüdrichtung etwa zwischen Äquator und 25° südl. Br. besteht. Glücklicherweise reicht aber der klimatische Einfluß dieser kühlen Strömungen bzw. des kühlen Auftriebwassers nirgends weit ins Land; denn die Seewinde, die ihn vermitteln, erstrecken sich nur 40 bis 70 km landeinwärts.

Die klimatische Einwirkung dieser kühlen Wasser besteht darin, daß die Winde große Kühlung und dazu große Trockenheit bringen, indem sie nämlich wegen ihrer Kühle an sich wenig Feuchtigkeit enthalten können und beim Auftreffen auf das erhitzte Land sich noch

Digitized by Google

weiter von ihrem Sättigungspunkt entfernen. Daraus ergeben sich dann hier schmale Wüsten im Angesicht des Meeres, ganz trockene Küstenstriche, nur von dichten Nebeln überlagert, die oft monatelang die Sonne verschleiern. Es fehlen auch die Gewitter; die Luft ist eben wegen ihrer Kühle so schwer, daß sie keine Tendenz zum Aufsteigen erlangt, die die Grundbedingung für Gewitter ist. So ist es z. B. in Lima noch in der Erinnerung der Bevölkerung, daß es am 13. Juli 1552 und noch an drei späteren Daten einmal gedonnert hat.

Am ausgesprochensten ist der geschilderte Charakter dieser Winde an zwei Küsten der Südhemisphäre, der amerikanischen und afrikanischen, weil da auch die Auftriebwassererscheinung wesentlich stärker entwickelt ist als im Norden. So wird die Küste Südamerikas nördlich von 40° immer regenärmer bis zur völligen Trockenheit in Nordchile und Peru, besonders in der Wüste Atacama. Die Jahrestemperatur ist auf etwa 35° Breite schon um drei Grad niedriger als drüben an der brasilianischen Küste. Auf 2° südl. Br. herrscht in der Stadt Guayaquil die Jahrestemperatur 27,0°, weil die Stadt im Hintergrunde einer Bucht, d. h. geschützt vor dem kühlen Wasser gelegen ist; dagegen hat die fast unter dem Äquator ($^1/_2$° südl. Br.) liegende Stadt El Recreo wieder um drei Grad niedrigere Jahrestemperatur (23,7°), weil sie frei am Meere liegt.

Die genannte Wüste am Meeresrand ist stellenweise jeglichen Lebens, vegetabilischen wie tierischen, so völlig bar, daß ein englischer Forscher sie eine Mondlandschaft nennen konnte. Nur alle 5—6 Jahre einmal wird sie von einem Regenguß erreicht, der dann allerdings stark zu sein pflegt und die Landschaft wie mit einem Zauberschlag wunderbar verwandelt, indem Blumen und Gräser bis zu Mannshöhe in üppiger Fülle emporschießen, um nach höchstens einem Monat wieder für Jahre hinaus hinzusinken.

An dem Klimatypus dieser Westküste nimmt noch der Galapagos-Archipel (unter dem Äquator!) teil, da aus gewissen Ursachen auch in diesem Meeresstrich noch kaltes Wasser aus tiefen Schichten aufsteigt. Infolgedessen wandelt man hier unter Büschelgräsern und Farnen, wo man tropische Urwaldfülle erwarten sollte. Aber das Klima ist eins der denkbar gesündesten; denn es ist trocken und bei einer Jahrestemperatur von 22°, absolut genommen, gerade angenehm warm und dabei das ganze Jahr außerordentlich gleichbleibend.

Dagegen haben z. B. die Fidschi-Inseln, trotzdem sie 18 Breitengrade vom Äquator entfernt liegen, eine um 3$^1/_2$° höhere Temperatur als jener Archipel unter dem Äquator, weil sie völlig von warmen Strömungen umfangen sind. Das Klima der Fidschi-Inseln ist daher

Digitized by Google

auch viel weniger angenehm als das der Galapagos-Gruppe. Die heiße, mit Feuchtigkeit geschwängerte Luft wirkt wie ein Dampfbad; Kleider, die abends zum Trocknen gehängt werden, sind am anderen Morgen noch ebenso naß, Schuhe werden in wenigen Stunden mit Schimmel bedeckt, und es wird jener eigentümliche Lähmungszustand erzeugt, der ohne bestimmte Krankheit Geist und Körper befällt, und den man als „mat fever" bezeichnet.

Im Atlantischen Ozean liegt auf der warmen Seite des äquatornahen Stromkreises die Inselgruppe der Bermudas, ähnlich also wie die Fidschi-Inseln. Sie haben nun, da sie schon ziemlich weit vom Äquator liegen, eine Temperatur gerade wie die Galapagos unter dem Äquator. Aber sie weisen dazu wieder jene außerordentliche Feuchtigkeit auf und darum für das menschliche Gefühl ein Klima ganz unähnlich dem der Galapagos-, aber ähnlich dem der Fidschi-Inseln: dieselbe entnervende Treibhausluft. Daraus sieht man auch am besten, wie stets Temperatur und Feuchtigkeit zusammen erst den Klimacharakter ausmachen.

Nach diesen paar Beispielen läßt sich wohl in bezug auf die Inseln im äquatornahen Stromkreis allgemein der Satz aussprechen, daß das Klima für die Vegetation vorteilhafter im warmen Strömungsabschnitt als im kühlen, für den menschlichen Aufenthalt dagegen günstiger im kühlen als im warmen ist.

Das Klima der afrikanischen Westküste, das schon bei Kapstadt mit einem scharfen Gegensatz zu dem nahegelegenen Natal einsetzt, wird nach Norden hin das gleiche wie an der amerikanischen Küste. Es herrscht absolute Regenlosigkeit und darum Wüste, dabei dichter Nebel, der alles durchtränkt, so daß Türschlösser, um nicht sofort zu rosten, von Messing sein müssen wie an Bord eines Schiffes. Das innere Land hingegen hat, obwohl es höher liegt, weit höhere Temperatur, stärkere Regen und dabei weniger Trübung, so daß es für den Menschen sehr gesund ist. Die Vegetation ist im Innern allerdings spärlich verteilt, etwa nach Art der nordischen Heiden, aber der sonnenhelle Himmel, die köstlich reine Luft und die an Farbenschönheit reichen Weitblicke sollen den Aufenthalt dort sehr angenehm machen.

Im nördlichen äquatornahen Stromkreislauf ist die Wirkung der Kaltwasserzone lange nicht so ungünstig wie auf der Südhalbkugel, weil dort das Auftriebphänomen nicht gerade so stark ausgeprägt ist. An der kalifornischen Küste vollends ist von Wüstencharakter wenig zu erkennen; es kommt vielmehr, wenigstens im Winter, wo der Temperaturkontrast zwischen dem Seewind und dem Lande abgeschwächt ist, fast auf der ganzen Küstenstrecke des Landes zu ausgiebigen Niederschlägen,

Digitized by Google

und hierdurch erlangt das Klima einen wesentlich anderen Typus. Es hat Ähnlichkeit mit unserem Mittelmeerklima, das ja ebenfalls durch Winterregen und Sommerdürre sich auszeichnet. Kalifornien heißt darum auch das Italien Amerikas und hat bei gesundem und angenehmem Klima eine große vegetative Fülle und Pracht.

Während in den Stromkreisläufen nördlich vom Äquator nur zwei solcher Auftriebwasserküsten liegen, könnte man auf der Südhalbkugel von vornherein drei erwarten, nämlich noch eine bei Westaustralien. Indessen fehlt hier aus bestimmtem geographischen Grunde das kalte Wasser und darum auch jenes typische Küstenklima.

Nachdem wir so nacheinander den polnahen und den äquatornahen Kreislauf in allen Meeren an unserm Auge haben vorüberziehen lassen, jedesmal unter mannigfachen Vergleichen, möge zum Schluß ein Rückblick auf beide geworfen werden. Dabei tritt zweierlei hervor: erstens die Tatsache, daß in dem äquatornahen Kreislauf die kühle, in dem polnahen dagegen unbedingt die warme Strömung sozusagen als die aktivere hinsichtlich der Beeinflussung des Klimas anzusehen ist. Da nun beide jedesmal die Westseiten der Kontinente bespülen, so darf man sagen, daß im ganzen überhaupt die Westseiten der Festländer in höherem Maße der klimatischen Beeinflussung von seiten der Meeresströmungen unterliegen. Fassen wir zweitens die Querausdehnung dieses Einflusses in beiden Stromkreisen ins Auge, so zeigt sich die Grenze desselben in den polnahen Kreisläufen sehr wesentlich durch Gebirge bestimmt (vgl. Skandinavien und Mitteleuropa). Im äquatornahen Kreislauf dagegen reicht der Einfluß, mag ein Küstengebirge vorhanden sein oder nicht, nie über 100 km, d. h. kaum einen Äquatorgrad, ins Land. Der Grund für diesen Unterschied liegt in der verschiedenen Natur der Winde. An den polnahen Westküsten nämlich wird der maritime Einfluß durch große Windsysteme ins Land getragen, die Meeresströmung unterstützt und verstärkt also nur diesen Einfluß. In den äquatornahen Stromsystemen dagegen schließt das große planetarische Windsystem (die Passate) gerade die Meereseinwirkung aus, und die wirksamen Seewinde bilden vielmehr nur eine kleine Abweichung im System der landauswärts wehenden Passate, eine Abweichung, die wesentlich durch die kühle Meeresströmung hervorgerufen ist. Hier unterstützt also nicht die Meeresströmung einen an sich vorhandenen Einfluß, sondern sie wirkt ihm entgegen, sie kehrt ihn um.

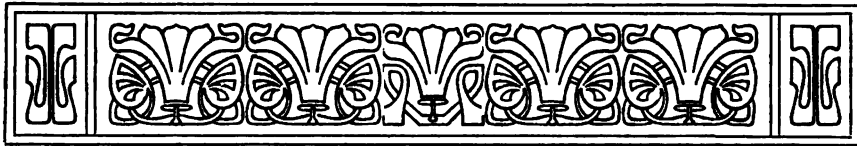
Digitized by Google

In den vorstehenden Ausführungen sind im einzelnen überwiegend längst bekannte Daten wiedergegeben[1]). Der Zweck der Darstellung war nur der, dieselben zu einem geordneten Bilde zusammenzufassen, um in ihm die durchweg herrschenden großen Naturgesetze klar hervortreten zu lassen und den beobachteten Phänomenen jenes höhere und allgemeinere Interesse zu verleihen, welches überdem der Einzelerscheinung aller vergleichenden Naturbetrachtung anhaftet.

[1]) Sie sind hauptsächlich Hanns Handbuch der Klimatologie entnommen.



Digitized by Google



Albert Bruns Untersuchungen auf vulkanchemischem Gebiet.

Von **Paul Grosser** in Mehlem am Rhein.

Zur Erklärung der Ursache der Vulkanausbrüche ist seit alters von vielen Seiten dem Wasser eine große Bedeutung zugeschrieben worden. G. de Lorenzo hat in einer Reihe von Arbeiten mit statistischen Aufstellungen und Regentabellen sogar den Nachweis versucht, daß die Vesuvausbrüche von der gefallenen Regenmenge abhängig wären, und neuerdings hat Johnston-Lavis eine graphische Darstellung einer zwanzig Monate umfassenden Beobachtungsreihe von demselben Vulkan veröffentlicht, welche nach seiner Meinung eine gute Übereinstimmung der Vulkantätigkeit mit den Niederschlagsmengen aufweist. Auch auf den Hawaii-Inseln erachtete Dana schon vor Jahrzehnten die meteorischen Wässer als hinreichend, um „ohne Mitwirkung des Ozeans die Dampfkraft für die vulkanische Tätigkeit zu liefern". Viel verbreiteter indessen ist die Vorstellung, daß das Meer ausschlaggebenden Einfluß hat. Nicht nur in Einzelfällen, wie beim Krakatau-Ausbruch, dessen unheimliche Gewalt Verbeek mit dem unbändigen Zuströmen von Seewasser zum Feuerherd erklärte, sondern ganz allgemein hielten weite Gelehrtenkreise die Abhängigkeit des Vulkanismus von der Verteilung von Land und Wasser auf dem Erdball für sehr wahrscheinlich, wenn nicht für ausgemacht. Humboldt, der selbst auch die Ansicht vertrat, gibt an, daß schon zur Zeit des Kaisers Augustus der römische Geschichtschreiber Pompejus Trogus diesen Zusammenhang aussprach. Wenn es nun allerdings einerseits eine nicht zu leugnende Tatsache ist — trotz der immer wieder auftauchenden Versuche sie abzustreiten —, daß die Vulkane ohne Ausnahme nicht weiter als wenige hundert Kilometer vom Meer oder von großen Binnenseen angetroffen werden, so steht andererseits dieser Erfahrung die ebenso gewichtige Tatsache gegenüber, daß der Mond ohne Wasserbedeckung auch Vulkane und Vulkanausbrüche aufweist. Der Vulkanismus ist eben eine kosmische Erscheinung.

Digitized by Google

Die Wirkung des Wassers wird von den meisten als eine physikalische angesehen, und bekannt ist der Vergleich eines Ausbruchs mit dem Überschäumen einer frisch geöffneten Flasche Sekt. Aber auch in chemischen Eigenschaften des Wassers, die sich mit zunehmender Temperatur und desgleichen Druck wesentlich verändern sollen, wurde die Ursache der vulkanischen Erscheinungen gesucht, so von Arrhenius in seiner 1900 entwickelten geistreichen Theorie. Demgegenüber fehlt es an Hypothesen nicht, welche der Mitwirkung des Wassers entraten können, wie z. B. die Reyersche, welche die Ausbrüche auf Druckentlastung infolge von Brüchen der Erdkruste, oder die Stübelsche, welche sie auf Volumenvermehrung im Verlaufe der Abkühlung des Magmas zurückführt. Jedoch erst diesem Jahrhundert ist die Betrachtungsweise vorbehalten geblieben, daß das Wasser bei den Vulkanausbrüchen nicht nur keine Rolle spielt, sondern in ihrem Mechanismus überhaupt fehlt, daß dagegen andere bisher wenig oder gar nicht beachtete Bestandteile des Magmas Gase erzeugen können, die zur Beurteilung des Vulkanismus von höchster Wichtigkeit sind. Auf diesem Gedankengang finden wir Albert Brun in Genf, dessen überraschende Beobachtungen an einigen Vulkanen und interessanten chemischen Versuche im Laboratorium der größten Beachtung wert sind.

Seinen Experimenten fehlen nicht Vorarbeiten von anderer Seite, die freilich davon ganz verschiedene Beziehungen umfaßten und gerade, was die Rolle des Wassers anbetrifft, einen fast entgegengesetzten Weg gingen. Armand Gautier berichtete im Jahre 1900 und später über die Entwicklung von Gasen bei der Erhitzung alter Eruptivgesteine mit Wasser und Säuren und bei der Erwärmung auf Rotglut im Vakuum. Granit von Vire mit Wasser auf 300° erhitzt, lieferte neben Wasserstoff als Haupterzeugnis Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Stickstoff; mit Phosphorsäure auf 100° erwärmt, entstand das zehnfache Volumen Gas als mit Wasser (bei 300°), und zwar war fast die Hälfte Kohlensäure, der Rest in größeren Mengen Stickstoff und Wasserstoff, in geringeren Kohlenoxyd und Schwefelwasserstoff nebst Spuren von Sumpfgas, Chlorwasserstoffsäure und Fluorsilizium. Bei der Erwärmung des Granits zur Rotglut im Vakuum entwickelte sich fünf- bis siebenmal soviel Gas als bei der Behandlung mit Phosphorsäure, so daß die Gasmengen das sechs- oder siebenfache Volumen des Gesteins erreichten; es bestand zu mehr als zwei Drittel aus Wasserstoff, während Stickstoff sehr zurücktrat, aber Sumpfgas größere Geltung erhielt. Bei 1000° gab 1 l Granit 20 l verschiedene Gase und 89 l Wasserdampf, d. h. mehr als das Hundertfache seines Volumens. Auffallend waren die außerordentlich großen Differenzen sowohl in der Menge als auch in der Zusammensetzung der

Gase bei den verschiedenen Stücken ein und desselben Gesteins derselben Herkunft, ja aus demselben Steinbruch. Auch Porphyr, Ophit und Lherzolit wurden mit ähnlichen Resultaten untersucht. Gautier weist auf die Ähnlichkeit der von ihm gefundenen Gase mit den von Fouqué bei dem Santorinausbruch 1866 ermittelten hin. Sie sind nach seinen Versuchen nicht in diesem Zustand in den Gesteinen vorhanden, sondern bilden sich erst beim Erhitzen. Was besonders den am reichlichsten auftretenden Wasserstoff anbetrifft, so glaubte er dessen Herkunft aus dem dem Gestein eigenen Wasser, dem Konstitutionswasser, das bis zu 18‰ ausmacht, ableiten zu sollen: dadurch, daß dieses auf die farbigen Gemengteile der Gesteine (Hornblende, Pyroxen, Glimmer) wirkt und das Eisen derselben oxydierend Eisenoxyduloxydsilikate erzeugt, soll der Wasserstoff frei werden. Bei einer anderen Versuchsreihe fand er in 1 kg Granit 0,023—0,180 g Ammoniak, das z. T. auf die Zersetzung von Stickstoffeisen zurückgeführt wird, dessen Vorkommen in Ätnalaven Silvestri, im Meteoreisen von Lenarto Boussingault und in Ophit Mügge festgestellt haben.

Indessen soll hier nicht weiter auf die äußerst interessanten Untersuchungen Gautiers und deren geistreiche Deutungen eingegangen werden. Es genüge festzustellen, daß er aus Eruptivgesteinen bedeutende Gasmengen entwickelt hat, daß seine Versuche ihn überzeugt haben, daß die Gase nicht im Gestein als solche vorhanden sind, sondern sich erst durch chemische Umsetzungen bilden, und daß er die Entbehrlichkeit der Hypothese hervorhebt, wonach erst durch Aufnahme oberflächlichen Wassers das Magma eruptiv werden könnte.

Dies war in der Tat ein sehr überraschendes Ergebnis. Hatte man es doch überhaupt für ausgeschlossen gehalten, daß Arbeiten an fertigen Gesteinen die Frage des Wesens des Vulkanismus klären könnten, weil man sich sagte, daß die in Betracht kommenden Faktoren mit dem Abschluß der Eruption ihre Rolle ausgespielt und ihre Wirksamkeit verloren hätten. Am allermeisten meinte man dies von den Gasen erwarten zu müssen.

Noch überraschendere Resultate führten Albert Bruns*) Beobachtungen und Untersuchungen herbei, die bereits 1901 anhuben und kürzlich zu einem gewissen Abschluß gekommen sind. Sie beziehen sich auf die explosiven Vulkanausbrüche. Wie groß die Rolle der Explosionen häufig ist, zeigen Bruns Beobachtungen am Stromboli im März 1901 mit 8—15 Explosionen in der Stunde, dann aber am Vesuv im September

*) Quelques recherches sur le volcanisme. 3 Teile. Archives des sciences physiques et naturelles. Genf 1905, 1906, und 1908. — Le volcanisme. Le Globe. Band Nr. 4, 1—16. Genf. 1907.

Digitized by Google

1904 mit 1200—1300 Explosionen in der Stunde! Bruns Untersuchungen betreffen 1) die Temperaturverhältnisse des Magmas, 2) die vulkanischen Gase und ihre Bildung, 3) die künstliche Synthese der vulkanischen Gase. Der wichtigste Fortschritt, welcher der Wissenschaft daraus erwächst, ist die Feststellung, daß der Wasserdampf bei den vulkanischen Explosionen gar keine Rolle spielt, ja in den Emanationen des vulkanischen Herdes überhaupt so gut wie vollständig fehlt.

Die vulkanische Temperatur — so nennt Brun diejenige, welche nötig und hinreichend ist, um eine Lava zum Schmelzen zu bringen und als Folgeerscheinung davon Explosionen hervorzurufen, — liegt in ziemlich engen Grenzen. Die Kristalle, welche die Laven einschließen, haben allerdings sehr verschiedene Schmelzpunkte, z. B. Anorthit und Leucit 1500°, Albit 1250°; diejenigen der Gläser dieser Minerale aber weisen nur geringe Unterschiede auf, z. B. schmilzt das Glas von Albit bei 1050°, das von Anorthit bei 1083°, das von Leucit bei 1100°. Da nun die Kristalle der ersten Ausscheidungsphase, die Einsprenglinge, im fließenden Lavastrom schwimmen, so muß daraus gefolgert werden, daß es der Schmelzpunkt des Glases ist, der den Verflüssigungspunkt der Lava bestimmt. Derselbe wird durch zwei Temperaturextreme begrenzt: nach oben durch den Schmelzpunkt des leichtest schmelzbaren Minerals aus der ersten Ausscheidung, nach unten durch den Wärmegrad, bei dem das Glas erweicht. Jener Grenzwert ist durch den Schmelzpunkt des Augits (1230°) und des Hypersthens (1270°) gegeben, dieser wurde im Mittel aus einer langen Versuchsreihe zu 1067° gefunden. Bei den diesbezüglichen Untersuchungen wurden liparitische, andesitische und basaltische Laven und natürliche Gläser verwendet und im allgemeinen Schmelztemperaturen von 1040 bis 1176° festgestellt, wobei die basischen Gesteine sich mehr den unteren, die sauren mehr den oberen Werten näherten. Eine Vesuvlava, die am 22. September 1904 einem fließenden Strom entnommen war, schmolz sogar schon bei 984° wieder ein, während dagegen sehr kristallin ausgebildete Gesteine Schmelzpunkte bis zu 1260° aufwiesen. Bei diesen ist eben weniger Glas als vielmehr ein Kristallgemenge zu schmelzen. Wenn die Temperatur etwa 50° höher gebracht wurde als der Schmelzpunkt, so hatte die Masse einen Zähigkeitsgrad, der dem der fließenden Lava ähnlich sah. Man kann daher als runde Zahl für die Temperatur, bei der die Lava hervorquillt, 1100° annehmen. Das Gleiche gilt für die Auswurfsmassen, die durch die Wirkung von Gasen, durch Explosionen, ausgeschleudert werden. Da sie nämlich dieselben Ausscheidungen enthalten wie die fließenden Laven, da ferner die innige Mischung von allem, was den Vulkanschlot erfüllt, zu der Annahme zwingt, daß all sein Inhalt dieselbe Temperatur besitzt, da auch die

Digitized by Google

später zu besprechenden Laboratoriumsversuche erweisen, daß die Gasentwicklung mit der Flüssigwerdung der Lava zusammenfällt, so folgt daraus, daß die Explosionstemperatur mit der Schmelztemperatur identisch ist.

Die bei den Vulkanausbrüchen bestehenden Temperaturen sind also keineswegs sehr hoch. Es ist daher auch gar nicht zu verwundern, daß, wie wiederholt bei submarinen Ausbrüchen festgestellt wurde, der erwärmende Einfluß eines auf dem Meeresboden fließenden Lavastroms auf das Seewasser recht unbedeutend ist.

Brun macht darauf aufmerksam, daß die verhältnismäßig niedrige vulkanische Temperatur ein Mittel an die Hand gibt, einen Ausbruch als bevorstehend zu mutmaßen, da nämlich das Auftreten von Dämpfen von Chloriden im Krater die Nähe des kritischen Explosionspunktes anzeigt: bei 825 bis 876° entsenden Chlornatrium und Chlorkalium Dämpfe. Versuche haben erwiesen, daß schon bei 874° sich Obsidian unter reichlicher Entbindung von Salzsäure zu seinem 15- bis 20fachen Volumen aufblähen kann, und wenn man diesen Fall als anomal betrachtet, so beginnt jedenfalls, wie erörtert wurde, vulkanisches Glas im Mittel bei 1067° zu schmelzen und damit explosiv zu werden. Chloriddämpfe am Kratermund können daher als warnende Vorboten angesprochen werden.

Die Gase sind nun nach Brun, wie schon vorher Gautier feststellte, nicht in der Lava enthalten, etwa darin aufgelöst, sondern werden darin erst durch chemische Umschmelzungen gebildet. Zum Beweise dafür prüft er die Beziehungen zwischen der Lava und den Gasen einerseits durch Beobachtungen in der Natur und andererseits durch Experimente im Laboratorium.

In der Natur, meint er, bezeugt schon die Durchtränkung der frischen Auswürflinge mit Gasblasen und die Anordnung der Poren eines Lavastroms in seinen obersten Partien, daß das Gas in dem Schoße des Gesteins erzeugt ist. Eine einwandfreie Beobachtung am Vesuv und eine weniger sichere am Stromboli erwiesen das Zerspringen von Bomben in der Luft, ein Zeichen dafür, daß die Gase außerhalb des Schlotes und ganz unabhängig davon ihre Entwicklung fortsetzen. Und aus einem Lavastrom im Val d'Inferno am Vesuv sah Brun Myriaden von Blasen aufsteigen und unter Ausstoßung winziger Mengen von Chloriddämpfen zerplatzen.

Die Laboratoriumsversuche zeigen, daß fast alle Laven beim Wiedereinschmelzen im Tiegel Gase abgeben, nur sehr alte und durch und durch kristallinische tun es nicht. Am auffälligsten zeigen dies die Obsidiane, welche sich bei der vulkanischen Temperatur ungestüm aufblähen und in Bimsstein vom 12- bis 20fachen Volumen übergehen. Bemerkens-

Digitized by Google

werterweise kommen bedeutende Unterschiede bei demselben Gestein, selbst von ganz benachbarten Stücken vor, genau wie bei Gautiers Versuchen. Zur Untersuchung kamen Laven von süditalienischen Vulkanen, von Santorin, Teneriffa, Lanzarote, Island, vom Yellowstone Park, von Samoa, vom Krakatau usw. Der Druck, den die aus den Obsidianen sich entwickelnden Gase ausüben, ist so beträchtlich, daß verschlossene Stahlrohre, in denen die Schmelzung vorgenommen wurde, zum Aufblähen und Platzen gebracht werden konnten. Obsidian von Lipari mit der Dichte 2,358 wurde zu künstlichem Bimsstein von 0,337 Dichte in einem, und von 0,224 in einem anderen Falle, solcher von Santorin mit 2,45 Dichte in Bimsstein von 1,18, gegenüber natürlichem Bimsstein von 1,17 Dichte umgewandelt. Man kann den Vorgang durch Abkühlen unterbrechen und erhält bei wiederholter Schmelzung von neuem Gase. Dies gelang sogar bei vierfacher Wiederaufnahme des Verfahrens. Dadurch erklärt es sich, daß die Laven, nachdem sie einem Ausbruch unterworfen waren, noch zur Abgabe von Gasen fähig sind: sie hatten sich vor völliger Erschöpfung abgekühlt. Das Verhalten beweist deutlich, daß die Gase nicht gelöst enthalten sind, da sie in diesem Falle im Augenblick, wo die Verflüssigung erfolgt, austräten. Die Reaktion wird aber im Gegenteil um so lebhafter, je mehr man erhitzt. Brun vergleicht den Vorgang dabei nicht etwa mit der Gasentwicklung bei der Explosion von Schießpulver, sondern vielmehr mit der Wirkung einer Säure auf kohlensauren Kalk.

Die wichtigsten Fragen sind nun die: welches sind die Gase? welches die Gaserzeuger (générateurs)? und durch welche Reaktionen entstehen aus den Gaserzeugern die Gase?

Die Gase sind Stickstoff und sein Derivat Ammoniak, Chlor und sein Derivat Salzsäure, Kohlenwasserstoffe und ihre Derivate durch Spaltung und Verbrennung, nämlich Wasserstoff mit seinen schon genannten Verbindungen, Kohlenoxyd und Kohlensäure.

Der Stickstoff ist als Stickstoffeisen und Stickstoffsilizium in den Laven und läßt sich auf verschiedene Art nachweisen. Mit dem Magneten kann man aus dem feinen Gesteinspulver außer dem magnetischen Spinell Stickstoffeisen herausziehen, das mit Chlorwasserstoffsäure behandelt eine Lösung gibt, die Ammoniak enthält. Schon allein wenn man das Gesteinspulver in einem Kolben mit Wasser angefeuchtet stehen läßt, entstehen ammoniakalische Dämpfe, die auf Lackmuspapier wirken. Auch im Strom mit überhitztem Wasser bildet sich Ammoniak. Während Stickstoffeisen in vulkanischem Glas von verdünnten Säuren zersetzt wird, kann Stickstoffsilizium auf diese Weise nicht herausgezogen werden, da es im Glas, das von verdünnten Säuren nicht angegriffen wird, ge-

Digitized by Google

löst enthalten ist. Dies gibt ein Mittel an die Hand, sie zu trennen: fein pulverisierter Obsidian von Lipari wurde mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure digeriert, ausgewaschen und getrocknet und so von Stickstoffeisen, von dem man nur eine Spur erhielt, befreit. Bei daraufhin vorgenommenem Glühen des Pulvers bei 800° entwickelte sich reichlich Salmiak. Brun führt die Bildung dieses Salmiaks auf die Anwesenheit von Stickstoffsilizium zurück, dem er zu Ehren des Genfer Gelehrten Galissart de Marignac den mineralogischen Namen Marignacit gegeben hat. Es bleibt abzuwarten, ob die Petrographen das hypothetische Mineral nachweisen werden. Da Brun selbst erklärt, daß Stickstoffsilizium in Glas in Lösung geht, so ist eigentlich wenig Aussicht dazu vorhanden. Allerdings ist Stickstoff nicht nur in Obsidianen, sondern auch in allen untersuchten Laven, sauren wie basischen, nachgewiesen worden. Bei 800 bis 900° geglüht entwickeln sie alle Salmiak und häufig freies Ammoniak, eine Methode, mit welcher fast der gesamte Stickstoff mit Leichtigkeit gemessen werden kann. Salmiak wird je nach dem Gehalt des Gesteins an Chlor gebildet; bei minderem Chlorgehalt entwickelt sich zuletzt nur Ammoniak. Reinen Stickstoff kann man dadurch darstellen, daß man ein dickes Obsidianstück schnell bei 900° glüht, den dadurch entstandenen Bimsstein noch glühend in kochendes Wasser taucht, und unter einer Glocke, in der man auf diese Weise den Stickstoff auffängt, pulverisiert. Bei dem Verfahren wird das gebildete Chlorwasserstoffgas durch seine Löslichkeit im Wasser abgeschieden.

Wir sehen, daß der Nachweis von Stickstoff, ja von reichlichem Stickstoff in mannigfacher Weise erbracht wurde. Größere Hindernisse boten die Untersuchungen auf Chlor, das auch in allen untersuchten sauren wie basischen Laven gefunden und als Chlorid, freies Chlor oder Chlorwasserstoffsäure daraus abgeschieden wurde. Erst eine von Dr. A. Jaquerod in Genf ersonnene Methode führte zu befriedigenden Ergebnissen. Zerkleinerter schwarzer Obsidian von Lipari wurde in einem Platinrohr, das in eine doppelt glasierte Porzellanmuffel mündete und mit der Quecksilberpumpe evakuiert wurde, mit dem elektrischen Widerstandsofen, demselben, den Jaquerod und Perrot zur Bestimmung des Schmelzpunktes von Gold benutzt haben, auf schätzungsweise 1050° erhitzt. Zwecks Bindung von Wasser, das bei 300° überdestilliert, und von Ammoniak, das, wie wir sahen, bei Rotglühhitze entsteht, ließ man das erzeugte Gasgemisch über Phosphorsäureanhydrid streichen, und aufgefangen wurde fast reines Chlorwasserstoffgas, dem nur ein Zehntel durch Kali nicht zu bindendes Gas (Stickstoff) beigemengt war. Mit diesem Verfahren wurde zum erstenmal Chlorwasserstoff als Gas einwandfrei aus einem Gestein entwickelt. Dabei bildete sich zweimal so-

Digitized by Google

viel Chlorwasserstoff, als die benutzte Gesteinsmenge einnahm, und erläuternd erklärt Brun, daß man sich kaum eine Vorstellung von den Strömen von Chlor und Salzsäure machen könnte, welche bei der Erzeugung der Bimssteinmassen von Lipari und anderen Vulkanen entwickelt worden sein müssen. Als Form, in welcher das Chlor im Gestein enthalten ist — eine in Wasser nicht lösliche Verbindung —, glaubt Brun ein Metallsalz annehmen zu dürfen, das sich aus einem Chlorid und einem Silikat zusammensetzt. Synthetische Studien mit einem künstlichen Körper $SiO_2CaOCaCl_2$, von denen weiter unten noch die Rede sein wird, lassen ihn vermuten, daß ein Kalksalz von ähnlicher Zusammensetzung in Frage kommt.

Die Beschaffenheit des bei dem Versuch zum Chlornachweis im Platinrohr verbliebenen Rückstands führt direkt zur Erörterung des dritten der bei den vulkanischen Explosionen wirksamen Gase. Der Rückstand hat den Charakter eines Bimssteins, zeigt aber im Gegensatz zu dem, welcher bei Luftzutritt entsteht, keine weiße, sondern schwarzgraue Färbung. Diese verdankt ihre Entstehung der Gegenwart von Kohlenstoff. Da aus Lipariten durch Erhitzung freies Chlor gezogen werden kann, so liegt, wie aus dem folgenden unmittelbar hervorgeht, der Schluß nahe, daß der Kohlenstoff aus Zersetzung eines Kohlenwasserstoffs durch Chlor unter Bildung von Chlorwasserstoffsäure entstanden ist. Alle Laven, saure und basische, welche im Sauerstoffstrom erhitzt wurden, lieferten Kohlensäure und Wasser. Zur Feststellung, daß die Kohlensäure nicht etwa einer hypothetischen Silikat-Karbonat-Verbindung angehört, sondern aus einer Kohlenwasserstoffverbindung hervorgeht, wurde ein Versuch mit liparischem Obsidian und ein anderer mit Vesuvasche in folgender Weise angestellt. Mit allen Vorsichtsmaßregeln zur Ausschaltung von Fehlerquellen und unter Zuhilfenahme eines Kontrollversuchs mit pulverisiertem Quarz wurde das Gesteinspulver mit Chloroform ausgezogen und der Auszug der Destillation unterworfen. Dabei erhielt man einen vaselinartigen Rückstand mit allen Eigenschaften einer Kohlenwasserstoffverbindung: er ließ sich nicht mit Wasser anfeuchten, besaß einen höheren Brechungsexponenten als Wasser, machte Papier fettig, verbrannte mit leuchtender Flamme, wobei ein zuerst brauner, dann schwarzer Niederschlag zurückblieb, der bei stärkerer Erhitzung an der Luft verschwand, und wurde schließlich durch konzentrierte Schwefelsäure braun gefärbt. Der Rückstand bei dem Versuch mit Vesuvasche zeichnete sich außerdem durch smaragdgrüne Färbung aus, die daran erinnert, daß dieselbe Farbe bei einem kristallisierten Destillationsprodukt des Rohpetroleums, dem Petrocin, auch vorkommt. Obwohl durch Chloroform nicht die ganze Kohlenwasserstoffverbindung

Digitized by Google

herausgezogen wird, ist der deutliche Nachweis ihrer Gegenwart leicht. Schon bei Behandlung von nur 50 g Asche gelang er.

Faßt man die Ergebnisse dieser Analysen zusammen, so bestehen sie in dem Nachweis, daß alle untersuchten Gesteine, saure und basische Eruptivgesteine vom Vesuv, Ätna, den Liparischen Inseln, Santorin, Cantal, O'Lizka, Zimapan, Hecla, Pico de Teyde, Timanfaya, Krakatau usw. bei der vulkanischen Temperatur bedeutende Gasmengen entwickeln, in denen hier Chlorwasserstoff, dort Ammoniak und Kohlenwasserstoff vorherrschen, ohne daß die Unterschiede wesentlich wären.

Dem liparischen Obsidian ganz entsprechend verhalten sich die von Cabo de Gata (Spanien), Schemnitz (Ungarn), Island, vom Yellowstone Park und andere. Die kanarischen Laven sind meist arm an Chlor und reich an Ammoniak, ebenso die von den jüngsten Savaii-Ausbrüchen (Samoa), während andererseits die vom Krakatau reicher an Chlor und Kohlenwasserstoff als an Stickstoff sind.

Wie schon vorweg bemerkt wurde, betrachtet Brun als gaserzeugende Gemengteile der Laven (générateurs) Stickstoff-, Kohlenwasserstoff- und Kieselchlorverbindungen. Zur Prüfung der Frage, ob diese wirklich die vulkanische Energie, die er ihnen zuschiebt, besitzen, stellte er eine Anzahl synthetischer Versuche an, welche die analytischen voll bestätigten. Für die Gaserzeuger bezeichnend und gemeinsam gültig ist: 1) ihre starke Reduktionskraft, 2) ihre Eigenschaft mit Bestandteilen geschmolzener Laven durch doppelte Zersetzung Gase zu entwickeln. Einerseits wurden Schmelzungen der einzelnen Substanzen mit Silikaten vorgenommen, andererseits wurde ihr gegenseitiges Verhalten, ihre Wechselwirkung unter sich allein untersucht.

Hinsichtlich des Einflusses der Stickstoffverbindungen ergab sich folgendes. Wenn man in geschmolzenes eisenoxydhaltiges Polysilikat Stickstoffsilizium warf, erfolgte ungestüme Stickstoffentwicklung. Bei nur äußerst geringer Gegenwart von Eisenoxyd entfärbte sich das Gemenge, und bei völliger Abwesenheit desselben löste sich das Stickstoffsilizium und brachte ein stickstoffhaltiges Glas hervor. Dieses entwickelte, wenn man mit sehr kleinen Mengen, wenigen Gramm, arbeitete, durch die oxydierende Wirkung des Sauerstoffs der Luft bei 900 bis 1000° Stickstoff.

Zur Prüfung des Einflusses von Kohlenwasserstoffverbindungen auf Silikate wurde mit Petroleum getränkter Granit, Trachyt und Andesit in der Hitze behandelt. Aus fein pulverisiertem Granit entstand im Moment der Erweichung ein sehr poröser und leichter Bimsstein, aus einem Stück jungeruptiven Gesteins leichte, poröse Schlacke. Der Kohlenstoff bewirkte eine Reduktion des Eisens, und bei hinreichend großem

Digitized by Google

Maßstab des Experiments stiegen dicke Blasen auf, die beim Platzen Flammenerscheinungen zeigten. Das Volumen des Versuchsmaterials vergrößerte sich dabei um das Sechsfache und mehr.

Schließlich wurde als Kieselchlorverbindung ein durch Zusammenschmelzen von Wollastonit ($Ca\,Si\,O_3$) und Chlorkalzium gewonnener Körper benutzt, der bei richtiger Zusammenstellung der Bestandteile kristallisiert war. Dieser erzeugte, mit einer eisenhaltigen Lava oder mit Trachyt geschmolzen, bedeutende Gasmengen und ein Destillationsprodukt von Chlorverbindungen des Eisens und der Alkalien. Die letzteren lieferten die Feldspäte. Auch hier war die Reaktion reduzierend.

Die zweite Reihe synthetischer Versuche betraf die gegenseitige Wirkung der Gaserzeuger unter sich.

Schon durch bloßes Kochen von Stickstoffsilizium in Petroleum fanden chemische Veränderungen statt, da das ursprünglich weiße Stickstoffsilizium erst gelb, dann braun und noch dunkler wurde, und schwer kondensierbare Dämpfe, welche Lackmuspapier blau färbten, aufstiegen. Bei der Erhitzung von Stickstoffsilizium mit durch wenig Petroleum angefeuchtetem Quarz zur Rotglut entwickelten sich aber Ströme von reinem Ammoniak. Ebenso erhielt man, wenn man statt des Stickstofferzeugers einen Chlorerzeuger, also eine Kieselchlorverbindung nahm, unter Kohlebildung Chlorwasserstoffgas und nach Erschöpfung der Kohlenwasserstoffverbindung reines Chlor. Erhitzte man schließlich alle drei Gaserzeuger zusammen (Stickstoff-, Kieselchlor- und Kohlenwasserstoffverbindung) mit Quarzpulver zur Rotglut, so destillierte aller Stickstoff und alles Chlor als Salmiak über.

Stellt man die Resultate der synthetischen Versuche neben die der analytischen, so zeigt sich volle Übereinstimmung. Nämlich die Eisenoxyd enthaltenden Polysilikate werden durch Stickstoffverbindungen unter Bildung von Stickstoff, durch Kohlenwasserstoffverbindungen unter Bildung von Kohlenoxyd und Kohlensäure, durch Kieselchlorverbindungen unter Bildung von Chlor reduziert, und es entstehen Ammoniak, Salmiak, Chlorwasserstoffgas und alkalische Chloride. Das Ammoniak zerfällt und vereinigt seinen Wasserstoff mit dem des gespaltenen Kohlenwasserstoffs, nachdem das Chlor davon seinen Anteil zur Salzsäurebildung entnommen, wodurch sich auch die Wasserstoffbildung äußerst einfach erklärt.

Die Explosivkraft der Gasentwicklung ist ungeheuer. Wenn man den Druck, den die Gase nach Maßgabe der bei den Analysen gefundenen Volumen bei 1100° (der vulkanischen Temperatur) ausüben, nach dem Mariotteschen Gesetz berechnet, so erhält man erstaunliche Zahlen. So hätten z. B. 28 g entwickelten Stickstoffs bei 1100° nur einen Raum

Digitized by Google

von 10 ccm innerhalb des Gesteins zur Verfügung. Der dadurch hervorgerufene Druck müßte jede bekannte Größe überschreiten, und folglich findet Explosion und Zertrümmerung des Gesteins statt. Dasselbe gilt von den anderen Gasen. Nach Brun entwickeln die Gaserzeuger ebenso starken Druck wie Knallquecksilber, und dieser beträgt 27000 kg pro qcm oder ebensoviel wie eine Basaltsäule von 100 km Höhe. Solche Kraft kann jede beliebige Lavasäule heben, um so mehr, als deren Dichte im Verhältnis ihres Gasgehalts ganz bedeutend abnimmt.

Auch sind die zu einem Ausbruch benötigten Mengen von gaserzeugenden Substanzen nur gering. Obsidian verliert bei Abgabe seines zehnfachen Volumens Gas nur $2^1/_2$ bis 3 Tausendstel seines Gewichts. Ein Kubikmeter Obsidian liefert 10 cbkm Gas, und diese würden, wenn sie durch einen Vulkanschlot von 1000 qm Querschnitt mit einer Geschwindigkeit von 500 m pro Sekunde ausströmen, etwas mehr als $5^1/_2$ Stunden brauchen, um zutage zu treten. Also geologisch betrachtet, genügt schon eine geringe Menge, um bei der erforderlichen Temperatur einen tüchtigen Ausbruch hervorzubringen.

Ein höchst interessantes negatives Ergebnis von Bruns Untersuchungen ist die völlige Bedeutungslosigkeit der Rolle, welche dem Wasser bei den Vulkanausbrüchen zusteht. Doch soll darüber im Zusammenhange erst weiter unten berichtet werden, um hier erst die Resultate hinsichtlich der Eigenschaften der Gaserzeuger und ihrer Produkte anzureihen, zu denen Brun durch den Vesuvausbruch 1906 geleitet wurde.

Analysen von Sublimationsprodukten aus Fumarolen frisch geflossener Laven erwiesen das Vorhandensein großer Mengen Salmiak. In einem Falle war dieser durch Anwesenheit von Chlorwasserstoffsäure in Verbindung mit wahrscheinlich der Atmosphäre entstammendem Wasser ein saures Salz. Es bestand aus 88,1 % NH_4Cl, 4,05 % HCl und 7,85 % H_2O. In einem anderen Falle wurde in der kalten wäßrigen Lösung eines Gemisches vieler Funde folgende Zusammensetzung ermittelt:

Aluminiumchlorid (mit etwas Eisen und Mangan)	9,80
Fluorammonium	6,12
Chlorammonium	85,02
Freie Chlorwasserstoffsäure	0,09
Freie Schwefelsäure	0,15
Chlorkalzium	Sp.
	101,18

Also wieder in der Hauptsache Salmiak. In aller Kürze sei daran erinnert, daß die Kenntnis vom Auftreten dieses Salzes am Vesuv ziemlich alt ist, daß schon Deville und Daubrée der Bunsenschen Erklärung, wonach es ausschließlich von der Verbrennung von Pflanzen

Digitized by Google

der Erdoberfläche stammen sollte, entgegentraten, und daß in neuerer Zeit von verschiedenen Seiten, außer von Gautier und Brun namentlich von Stoklasa der Herkunft des Stickstoffs aus dem vulkanischen Herd das Wort geredet wird*).

Mit Salmiak, dessen drei Bestandteile in den drei Gaserzeugern enthalten sind, und welches das offenkundigste und am leichtesten zu handhabende Erzeugnis derselben ist, wurden Explosionsversuche angestellt. Es übt, in seinem eigenen Volumen erhitzt, einen so großen Druck aus, daß dessen Betrag bei 1000° Tausende von Atmosphären erreichen muß. Zuerst experimentierte man mit den Gaserzeugern selbst. Ein dickwandiges, schwer schmelzbares Glasrohr wurde mit einem innigen Gemisch abgewogener Mengen von Stickstoff-, Kohlenwasserstoff- und Kieselchlorverbindungen mit Vesuv- oder Ätnaasche oder pulverisierter Lava gefüllt, an den Enden zugeschmolzen und einem Porzellanzylinder, der mit einer Stahlspirale umwickelt war, einverleibt. Der Porzellanzylinder wurde wie ein Geschützrohr angeordnet, so daß er in ein Gefäß mündete, welches die ausgeworfenen Massen auffing. Auf einem Drahtnetz wurde langsam erhitzt, und sobald die richtige Temperatur erreicht war, erfolgte die Explosion. Bequemer arbeitet man statt mit der Gaserzeugermischung direkt mit Salmiak, das, wie auseinandergesetzt wurde, denselben Dienst tut, und zwar verwendet man davon, um die Explosion nicht zu gewaltig werden zu lassen, $^{1}/_{25}$ bis $^{1}/_{30}$ der Gesteinspulvermenge. Trotzdem geht der Porzellanzylinder, auch wenn er aus sehr widerstandsfähigem Material besteht, stets in Trümmer, und selbst eringere Ladungen als $^{1}/_{100}$ des Gesteins richten noch heftige Zerstörungen an. Dadurch, daß bei den einzelnen Versuchen verschiedene Gase durch den Porzellanzylinder geleitet wurden (Luft, Wasserdampf, Stickstoff, Kohlenwasserstoff, Ammoniaksalzdämpfe), ließen sich die Experimente mannigfach abändern. Immer fand sich, daß die ausgeschleuderten Aschen sauer waren, und daß die Säurestufe mit der Ladung, also auch mit der Heftigkeit der Explosion zunahm. Dies stimmt mit der Beobachtung überein, daß die Aschen und Lapillen, welche aus dem Vesuv am 6., 7. und 8. April 1906, also während des Höhepunkts des Ausbruchs, in S. Sebastiano und Ottajano fielen, mehr Säure enthielten als die der späteren Tage, ja daß die von Ottajano sogar 20mal saurer waren als die von Pompeji vom 14. April.

Wie mit Salmiak als Vertreter der Gaserzeuger künstliche Explosionen hervorgerufen wurden, so konnten damit durch Erwärmung mit grob

*) Sommerfeldt erörterte auf der vorjährigen Versammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft eine Theorie, wonach der Stickstoff der Luft entnommen würde.

Digitized by Google

zerkleinerter Lava auch künstliche Fumarolen erzeugt werden. Zuerst destillierte dabei Eisenchlorid über. Bis 360° ist das Sublimat neutral, mit zunehmender Temperatur wird es indessen immer saurer, da das entstandene Ammoniak zerfällt oder an der Luft verbrennt. Auch das stimmt mit den Beobachtungen in der Natur überein, da die heißeren Fumarolen in den Laven von Boscotrecase Lackmuspapier augenblicklich, die kälteren erst nach einiger Zeit röteten. Auch die etwas frühere Kondensierung von Eisenchlorid gegenüber Salmiak war hier zu erkennen.

ZumNachweis der Richtigkeit seiner Auffassung, daß in der Zusammensetzung der aus dem Krater, aus den Fumarolen und derjenigen der aus den im Laboratorium wieder erhitzten Laven ausströmenden Gase volle Übereinstimmung herrscht, oder mit anderen Worten, daß der Stickstoff, das Chlor und der Wasserstoff aus dem Herd stammen und im Eruptivmagma entstehen, hat Brun weitere eingehende Untersuchungen an Aschen verschiedener Ausbrüche gemacht. Diese bestätigten immer wieder, daß nirgends Salmiak fehlt, und erbrachten wechselnd den Nachweis von anderen Chlorverbindungen, von Ammoniak und von Kohlenwasserstoff. Es dienten dazu Vulkanerzeugnisse nicht nur neueren Datums, sondern z. B. vom Vesuv solche von 1824, 1872 und 1882, ja solche von den längst erloschenen rheinischen Vulkänchen Rodderberg und Weinfelder Maar, nicht nur europäische (Ätna, Stromboli), sondern auch weit abgelegene, von St. Vincent, vom Cotopaxi, vom Pichincha, darunter welche, die hundert und zweihundert Kilometer vom Ursprungskrater weggeflogen waren. Der Pichincha, dessen Bimsstein ungemein viel Chlorwasserstoff, Ammoniak und Kohlenwasserstoff entwickelte, lieferte unter den geprüften Proben das an Gasen, namentlich an Kohlenwasserstoff reichste Vulkanprodukt. Es zeigte sich durch diese Untersuchungen, daß sich die Stickstoffverbindungen, von einem Silikat verhüllt, durch alle Zeitläufe erhalten haben; Chlor scheint etwas schneller zu verschwinden. Die Analysen zwingen zu der Schlußfolgerung, daß der Stickstoff, das Ammoniak und der Salmiak zeitlich und räumlich magmatischer Herkunft sind.

Nun zu der interessanten Frage, welche Rolle nach Bruns Forschungen Wasser bei den Vulkanausbrüchen spielt oder nicht spielt.

Brun vermochte in einer Beobachtungszeit von je acht Tagen weder am Stromboli noch am Vesuv Wasserdampf in den Ausströmungen der Krateröffnungen festzustellen. Die weißen Dämpfe, welche man gewöhnlich irrtümlich als Wasser deutet, werden von Chloriden hervorgebracht. Bei den Laboratoriumsversuchen war die Rolle des Wassers gegenüber

Digitized by Google

derjenigen der anderen Gase bei der Schmelzung der Gesteine verschwindend, denn das Wasser ist schon bei 300° weg. Nun wird durchaus nicht in Abrede gestellt, daß bei den großen Eruptionen bedeutende Wasserdampfmassen sich als Regen niederschlagen. Dies wird aber anders erklärt. Bei der gesteigerten Wärme durch die vermehrte Vulkantätigkeit verflüchtigt sich alles tellurische Wasser am Vulkan. Dann ruft die feine, in fast gesättigter Umgebung in die Luft geworfene Vulkanasche die Kondensierung des Wasserdampfes hervor, und deren Wirksamkeit wird noch durch die Temperaturerniedrigung infolge der von den Aschen erzeugten Verdunklung erhöht. Mit den starken Regengüssen erklärt es sich auch, wenn aus dem Krater Wasserdampf aufsteigt. Dieser kann aber immer nur nach Beendigung des Ausbruchs festgestellt werden, während sein Vorhandensein im Beginn und im Verlaufe desselben nicht zu erweisen ist. Das sind also jedenfalls alles Dinge, die nichts für und nichts wider beweisen.

Selbst zugegeben, daß Wasser, sei es juveniles, d. h. aus dem Erdinnern stammendes, sei es vadoses, d. h. in den Kreislauf der Erdoberfläche eingeschaltetes, von dem vulkanischen Herd ausgestoßen wird, so ist der Kernpunkt der Frage der, ob die Menge Wasser, welche aus ihm gefördert wird, ausreicht, um den Explosionsgasen den Charakter als feucht zuzulegen. Dieses Problem fand seine höchst überraschende Lösung in negativem Sinne.

Die Untersuchungen, welche zu dieser Feststellung führten, gliedern sich in solche, welche sich auf Erscheinungen an mäßig tätigen oder im Solfatarenzustand befindlichen Vulkanen, und solche, welche sich auf Erzeugnisse der Explosionsperiode beziehen.

Bei mäßiger Tätigkeit des Vulkans sieht man gewöhnlich weißen Dampf von Chlorwasserstoffsäure und Chloriden, namentlich Salmiak dem Krater entströmen. Am Kraterrand, dessen Erdboden oft kalt ist, findet man kein kondensiertes Wasser, selbst wenn die Temperatur daselbst niedriger ist als an wasserhaltigen Fumarolen in der Nähe. Die Kraterwände weisen Chlorsalze auf — und das ist die wichtigste Beobachtung —, nämlich Steinsalz ($NaCl$), Sylvin (KCl) mit Salmiak (NH_4Cl) imprägniert, Molysit (Fe_2Cl_6), Chloromagnesit ($MgCl_2$), Lawrencit ($FeCl_2$), und verschiedene Sulfate; sozusagen stets konstatierte Brun Chlorkalzium, Aluminiumchlorid mit Fluoriden, und Oxydchloride von Eisen und Magnesium, — kurz und gut eine Salzmischung von ausgesprochen hygroskopischem Charakter! Und diese Salze bleiben im Krater trocken und als Chloride beständig! Von kaltem Wasserdampf berührt, müßten sie zerfließen, mit heißem würden sie zersetzt, bei 250° entständen Hämatit. Korund, Periklas, lauter Oxyde!

Digitized by Google

Vielleicht könnte man sagen, die fast immer an den Vulkanen zu beobachtende Gegenwart von Schwefelwasserstoff, schwefliger Säure und Chlorwasserstoff zeigten die Gegenwart von Wasser im Herd an, denn sie brauchten dieses zu ihrer Bildung. Das ist aber keineswegs der Fall. Im Laboratorium kann man sie bei Abwesenheit von Wasser unter den vulkanischen ähnlichen Verhältnissen leicht darstellen. Schwefelwasserstoff entwickelt sich, wenn Kalksulfat, ein in den vulkanischen Aschen nie fehlender Bestandteil, mit Sumpfgas oder Erdöl auf 400° erwärmt wird. Schweflige Säure, deren Bildung von Gautier auf die Wirkung von Wasser auf Schwefelwasserstoff zurückgeführt wird, entsteht bei 900 bis 1000° leicht durch die Zersetzung irgendeines Sulfats von Kieselsäure bei Luftabschluß, schon bei 750° bei Gegenwart einer Kohlenwasserstoffverbindung. Wie sich Chlorwasserstoff bei Ausschluß von Wasser bei 1050° aus den Gaserzeugern bildet, wurde oben auseinandergesetzt. Es kann indessen sowohl mit Schwefelwasserstoff als auch mit Kohlensäure gleichzeitig auftreten, weil es auch bei Gegenwart von Magnesiumchlorid schon bei derselben niedrigen Temperatur wie Schwefelwasserstoff aus einem Kohlenwasserstoff entstehen und aus der Reaktion von Kohlenwasserstoff auf Sulfate entstandene Carbonate zersetzen kann. Jedoch entwickelte sich bei den Laboratoriumsversuchen die Kohlensäure immer einfach durch Kieselsäure aus dem Carbonat. Auch entsteht sie durch Oxydation von Kohlenstoff, dessen Gegenwart häufig in Obsidianen nachzuweisen ist. Also von 400° an können sich Kohlensäure, Chlorwasserstoff und Schwefelwasserstoff gleichzeitig entwickeln, die beiden ersteren in zunehmendem Maße bei steigender Temperatur, bis schließlich jenseits von 800—850° Schwefelwasserstoff ganz fehlt.

Aber Brun hat sich mit diesen Ergebnissen nicht begnügt, sondern unternahm im August und September 1907 in Begleitung von H. F. Montagnier eine Reise nach den Kanarischen Inseln, um in dieser, im Sommer niederschlagsarmen Gegend direkt Messungen an Vulkanbergen anzustellen. Dies geschah am Pico de Teyde auf Teneriffa und am Timanfaya (auch Montaña del Fuego genannt) auf Lanzarote, die sich beide im Solfatarenzustand befinden. Mit geeigneten Apparaten wurden die Gase direkt aus dem Felsen angesaugt und unter Quecksilber zur hygrometrischen und analytischen Bestimmung aufgefangen.

Am Pic von Teneriffa ergab sich folgendes: Die gesammelten Gase waren geruchlos, reagierten schwach sauer, wiesen keine Spur von schwefliger Säure und Schwefelwasserstoff auf und bestanden nach Entfernung des Wassers aus 63,9 bis 71,1% Kohlensäure. Schwefel, der sich absetzte, scheint als molekularer Staub aufzutreten, denn das Kondensationswasser opalisierte infolge seiner Anwesenheit. Der Wassergehalt betrug bei den

Digitized by Google

ersten Versuchen, die nach mehreren heiteren Tagen vorgenommen wurden, 39,3 % und reichte nicht zur Sättigung des Gases: dieses hatte eine Temperatur von 83°, der Taupunkt lag indessen bei 81 bis 81,5°. Nachdem aber ein Unwetter, das 4 mm Regenhöhe lieferte, niedergegangen war, stieg der Wassergehalt bis auf 76 %, um im Laufe noch desselben Tages auf 69,5 % zurückzugehen. Dabei war das Gasgemisch gesättigt. Die Temperatur der Fumarolen blieb auf 83°, einer für alle untersuchten Gasausströmungen ganz konstanten Zahl. Die Gase des Pico de Teyde zeigen also, daß ihr Wassergehalt, wenn er nicht durch Niederschläge erhöht wird, zur Sättigung der Mischung mit Wasserdampf nicht hinreicht, und wenn die Untersuchungen hier auch nicht die Frage entscheiden konnten, ob er aus dem Herde stammt oder nicht, so beweisen sie unwiderleglich die große Rolle, die der Regen spielt, und drängen zu der Vermutung, daß er mehr atmosphärischer als magmatischer Herkunft ist.

Der Timanfaya lieferte entscheidendere Ergebnisse. Auf Lanzarote gibt es in der Regel nur einmal im Jahr Regen, und vor der Zeit der Untersuchungen waren 4 1/2 Monate keine Niederschläge gefallen. Die Örtlichkeit eignete sich also für die in Rede stehende Frage in hervorragendem Maße. Der Timanfaya, eine Gruppe von mehreren Kraterhügeln, von denen sich mehr als 200 qkm bedeckende Lavafelder ausdehnen, entstand 1730—36 und ist seitdem so heiß, daß zurzeit unter einer geröteten Agglomeratkruste von etwa 10 cm Dicke 140° und bei ungefähr 60 cm Tiefe schon 360° angetroffen werden. Da wirklich typische Fumarolen, welche deutliche Gasausströmungen erkennen ließen, nicht zu finden waren, so gestaltete sich die Gewinnung der Gase sehr schwierig und ergab ein an atmosphärischer Luft sehr reiches Gemisch, das nur Spuren von Kohlensäure und Ammoniak aufwies. Der Wassergehalt war aber stets geringer als der der Atmosphäre, wenn auch nur ganz wenig. Angenommen, daß die Methode und die äußeren Einflüsse diesen Unterschied bewirkten, so ist das Resultat unter allen Umständen positiv: aus dem Timanfaya kommt kein Wasser. Dieses Ergebnis wird durch die Natur weißer Salze erhärtet, welche die unter der geröteten Kruste liegenden schwarzen Lapillen überziehen. Die Kruste enthält unten Eisenchlorid. Die weißen Salze bestehen, soweit sie löslich sind, aus kohlensaurem Ammon und Natron, schwefelsaurem Natron mit Kalk und Chlormagnesium. Der unlösliche Teil ist im wesentlichen kohlensaure Magnesia. Das Chlormagnesium beweist wieder schlagend die Abwesenheit von Wasser.

So konnte Brun durch direkte Messungen an einem im Solfatarenzustande befindlichen Vulkan den Nachweis führen, daß er aus dem

Digitized by Google

Erdinnern kein Wasser fördert, und bei einem anderen, daß der Wassergehalt der wasserhaltigen Fumarolen von den atmosphärischen Niederschlägen abhängig ist. Er folgert daraus mit Berücksichtigung seiner anderen Versuche einerseits, daß vulkanische Herde kein Wasser ausstoßen, andererseits, daß wasserhaltige Fumarolen nur die Stellen anzeigen, wo dem Zudrang atmosphärischen Wassers nach dem Herd hin Grenzen gesetzt sind.

Diesen Forschungen an Vulkanen während mäßiger oder solfatarischer Tätigkeit stehen diejenigen an Auswurfsmassen während eines Ausbruchs zur Seite. Während der Explosionsperiode frisch fallende Aschen sind genau wie die Kraterminerale, welche bei mäßiger Tätigkeit gesammelt werden konnten, hygroskopisch: Unmittelbar nach ihrem Niederfallen besaßen sie in den untersuchten Fällen 0,9 bis 1 Tausendstel Wasser und nahmen in feuchter Luft nach 5 Minuten 1,3, nach 15 Minuten 3 und nach 60 Minuten 9 Tausendstel auf. Bei 20° zogen sie aus der Luft 2,7 bis 3 Tausendstel, also das Dreifache ihres Gehalts beim Niederfallen an. Mindestens muß also das Explosionsgas weniger Wasser enthalten als die Atmosphäre bei 20°.

Auch die physikalischen Eigenschaften der Aschen zeigen ihren außerordentlichen Mangel an Wassergehalt an: Ganz trocken können sie wie eine Flüssigkeit fließen, so daß sie sich bei Bergrutschen, die bei oder bald nach Aschenausbrüchen sehr häufig sind, so ausbreiten, daß sie Lagen von nur ein bis zwei Zentimetern bilden. Schon bei 1 Tausendstel haben sie von ihrer Beweglichkeit eingebüßt, und bei $1^1/_2$ bis 2 Tausendstel körneln sie sich zusammen und können Sphaerulite formen.

Dann spricht der Gehalt der frischen Aschen an Chloriden — 10 bis 15 g im kg Asche — ein sehr wichtiges Wort. Chlormagnesium kann, wie schon erwähnt wurde, in heißem Wasserdampf gar nicht bestehen, sondern zerfällt in Salzsäure und Magnesia, eine Reaktion, welche Ramon de Luna zur technischen Herstellung von Salzsäure vorgeschlagen hat. Noch empfindlicher ist Chloraluminium.

Weiter deutet die graue Farbe der frisch fallenden Asche auf Abwesenheit von Wasser. Denn in wenigen Tagen, selbst Stunden wird sie in feuchter Luft durch die Oxydation des Eisens rot, und zwar um so schneller, je wärmer sie ist. Schon bei 400° kann man die graue Asche durch leicht angesäuerten Wasserdampf in kürzester Zeit, bei 700° augenblicklich rot färben. Alles dies beweist die ungemein unbedeutende, null zu bezeichnende Rolle des Wasserdampfes bei der Bildung der Aschen.

Digitized by Google

Ein sehr interessanter Beleg dafür wurde auch an einer durch Abrutschung frisch aufgeschlossenen Bergwand am Chahorra auf Teneriffa gefunden. Man sieht hier, daß die Schlacken einer Schicht bereits durch die Atmosphärilien rot gefärbt waren, als ein neuer Lavastrom darüberfloß. Dieser besaß so stark reduzierende Eigenschaften, daß die oberen Schlackenschichten wieder schwarz wurden, während die tiefer liegenden ihre Oxydationsstufe behielten. Wenn der Lavastrom Wasserdampf enthalten hätte, konnten die bereits oxydierten und geröteten Schlacken unmöglich wieder reduziert werden.

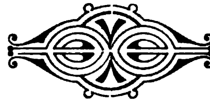
Schließlich konnte Brun, was sehr zur Vervollständigung des von ihm entworfenen Bildes der Natur der vulkanischen Vorgänge dient, experimentell die fast zum Dogma gewordene Meinung umstoßen, daß sehr kieselsäurereiche Schmelzen nur bei Gegenwart von Wasser in hoher Temperatur und unter Druck auskristallisieren. Er brachte vielmehr Magmen von 75,4 bis 68% Kieselsäuregehalt ohne Wasser und ohne Druck einzig und allein unter Beachtung der geeigneten Temperatur zur Kristallisation.

Also fand Brun, daß die Gegenwart des Wassers überflüssig bei den vulkanischen Explosionen, überflüssig bei der Kristallisation, überflüssig überhaupt bei der Hervorbringung der Ausbruchserscheinungen ist. Die wesentlichsten Ergebnisse seiner vulkanochemischen Forschungen fassen sich dahin zusammen, daß die bei den Vulkanexplosionen wirksamen Gase durch Zersetzung aus Gaserzeugern entstehen, die in der Lava enthalten sind, und zwar als Stickstoff-, Kohlenwasserstoff- und Kieselchlorverbindungen, daß die Entwicklungstemperatur der Gase mit der Schmelztemperatur der Lavagläser zusammenfällt, und daß die vulkanischen Reaktionen ganz so vor sich gehen, als wenn sie in so gut wie wasserfreien Verhältnissen erfolgen.

Die vorstehenden Auseinandersetzungen werden hinreichen, um davon zu überzeugen, daß Brun einen neuen, verheißungsvollen Weg zur Erklärung der vulkanischen Erscheinungen erschlossen hat. Gewiß sind wir noch weit entfernt, deren Ursache zu erkennen, und auch Gautiers und Bruns Entdeckungen lassen einen Zusammenhang der Vulkanausbrüche mit der Erzeugung von Gasen aus Bestandteilen der Herdmasse selbst nur ahnen. Denn die Annahme, daß die Masse in festem Zustande da ist und nur dadurch, daß sie in Schmelzfluß gerät, eruptiv wird, wie bei den Laboratoriumsversuchen mit vulkanischen Gesteinen, ist zunächst nicht allein willkürlich, sondern würde die Frage auch nur nach dem Punkt hin verrücken, welche Ursachen denn die Schmelzung hervorrufen. Auch gibt Brun ausdrücklich der Ansicht Raum, daß die Gasbildung allein nicht die Gesamtheit der vulkanischen Erscheinungen zu erklären

Digitized by Google

vermag. Und wenn er das Mißverhältnis hervorhebt, in dem oft der Inhalt der geförderten Lavamassen zu dem Inhalt der mit der Gasbildung eng verknüpften Explosionserzeugnisse steht, so findet dies seinen extremsten Ausdruck in den Lavavulkanen, wie sie heute nur noch auf ein paar Inseln tätig gefunden werden, in einer früheren Periode aber von großer Bedeutung waren. Er sagt sehr treffend: „Wenn das Volumen der Auswurfsmassen von dem Reichtum des Magmas an Gaserzeugern abhängt, so scheint das Volumen der Lavaergüsse noch anderen, noch zu entdeckenden Bedingungen zu gehorchen."



Digitized by Google



Die Ausnutzung der Flutbewegung der Meere.

Es ist ein alter Wunsch der Ingenieure, die gewaltige Energiemenge, welche uns in den Gezeitenbewegungen der Erdmeere zur Verfügung stehen könnte, für wirtschaftliche Anlagen irgendwelcher Art auszunutzen. Dieses Problem ist auch eines von den vielen, bei denen sich der Schaffensdrang der Erfinder stark betätigt hat. Wenn es trotz der vielen Bestrebungen nach dieser Richtung bisher noch immer zu keinem greifbaren Resultat gekommen ist, so liegt das an der mannigfachen Verknüpfung aller derjenigen Faktoren, die bei solchen Projekten in Rücksicht zu ziehen sind. Technisch möglich sind nämlich Anlagen, welche die Flutbewegung ausnutzen wollen allemal, aber wirtschaftlich sind sie meist nicht. Und das ist der Grund, weshalb in der Sache noch nichts Rechtes geschehen ist.

Eine Darlegung der Verhältnisse hat vor einiger Zeit Herr Professor Bubendey von der Technischen Hochschule in Berlin in einem Vortrage vor dem Architekten- und Ingenieurverein zu Hamburg gegeben, über den hier kurz berichtet sei. Die in Rede stehende Aufgabe, die Flutbewegung wirtschaftlich auszunutzen, ist sowohl wasserbaulicher wie maschinentechnischer Natur. Den wesentlichsten Ausschlag für die Wirtschaftlichkeit derartiger Anlagen gibt die erstere, weil die Anlagekosten für die Wirtschaftlichkeit bestimmend sind. Die Wasserkraftanlagen im Hochgebirge oder in den oberen Stromgebieten von Flüssen verursachen auf die nutzbare Pferdestärke etwa 200 M. bis 1000 M. Anlagekosten, wobei die geringeren Sätze für die größeren Anlagen und die hohen Gefälle in Ansatz kommen. Mit 1000 M. Kosten pro nutzbare Pferdestärke nähert man sich schon sehr der Grenze der Wirtschaftlichkeit der Anlage; Motoren anderer Art vermögen dann schon mit der Wasserkraft nach unseren jetzigen Kohlen- und Brennstoffpreisen in Konkurrenz zu treten. Wir müssen aber

Digitized by Google

natürlich mit diesen Faktoren rechnen. Messen wir daran die Anlagekosten von Kraftbetrieben unter Ausnutzung der Flutbewegung, so erscheinen solche Anlagen unwirtschaftlich, wie es z. B. auch die alten unterschlächtigen Wasserräder waren, die als Schiffsmühlen unsere Ströme bevölkerten und als sogenannte „sanfte Mühlen" 1 bis 3 Pferdekräfte entwickelten, die jetzt aber fast vollständig verschwunden sind. Sie bildeten Verkehrshindernisse und konnten dem modernen intensiveren Betriebe nicht mehr standhalten.

Die Ausnutzung der Ebbe und Flut kann durch unterschlächtige Räder nicht erfolgen, weil die wechselnden und nur sehr vorübergehend eine gewisse Lebhaftigkeit annehmenden Strömungen nicht ausgenutzt werden können. Da bleibt nur noch ein anderer und zweiter Weg übrig, nämlich die Füllung großer Becken bei Hochwasser (Flut) und ihre arbeitleistende Entleerung durch Turbinen während des fallenden Wasserstandes. Die Variationsmöglichkeit ist groß; man kann auch die Flut nach Becken arbeitleistend ablaufen lassen, deren Wasserspiegel niedriger gehalten wird, als der Außenwasserstand ist, oder man kann beide Wege benutzen. Zur Veranschaulichung sollen die Verhältnisse einer vor kurzem tatsächlich in Aussicht genommenen Kraftanlage hier erörtert werden.

Ein Becken von 200000 qm Grundfläche soll zurzeit der Ebbe durch Schützen vollkommen entleert werden. Die Schützen werden sodann geschlossen, und wenn das Außenwasser bei kommender Flut um 1,50 m gestiegen ist, läßt man die steigende Flut durch die Turbinen in das Becken laufen. Man reguliert den Zufluß dann so, daß der Wasserstand des Beckens in gleichem Maße steigt wie der Außenwasserstand. Dann haben die Turbinen ein gleichbleibendes Gefälle zur Ausnutzung zur Verfügung. Kurz vor Eintritt des Hochwassers läßt man dann das Becken unter Ausschaltung der Turbinen volllaufen. Ist das Becken voll, so werden die Schützen abgesperrt, während das Außenwasser sinkt. Auch jetzt noch bleibt der Turbinenbetrieb unterbrochen. Ist das Außenwasser um 1,50 m gesunken, so wird das Wasser aus dem Becken wieder durch die Turbinen geleitet und läuft in das niedrigere Außenwasser ab. Hat sich der Spiegel im Becken auf etwa 1 m über Niedrigwasser gesenkt, so werden wieder alle Schützen geöffnet, damit der Rest des Wassers aus dem Becken ausläuft. Der Kreislauf beginnt dann von neuem. Da eine Doppeltide reichlich $24^3/_4$ Stunden dauert, so kommen in dieser Zeit vier Arbeits- und vier Ruhezeiten vor; die ersteren dauern je $3^1/_4$ Stunden, die letzteren etwa $2^3/_4$ Stunden. Legt man nun die Ebbe- und Flutverhältnisse von Cuxhaven zugrunde, so beträgt der Mittel-

Digitized by Google

wert eines Tidehubes 2,8 m. Benutzt man Akkumulatoren zur Aufspeicherung der gewonnenen Energie, so kann man, wie eine genaue Berechnung erweist, eine durchschnittliche Leistung von 150 Pferdestärken während des ganzen Tages erreichen. Der Wirkungsgrad, d. h. das Verhältnis der in die Turbinen hineingeleiteten Energie zu der von ihrer Welle abnehmbaren, ist dabei zu 75 Prozent angenommen; ferner ist berücksichtigt, daß nicht alle Tiden normal verlaufen, daß durch Stürme und Wellengang und andere Umstände Störungen des Betriebes eintreten usw.

Berechnet man, welche Anlagekosten ein solcher Betrieb verursacht, unter der Annahme, daß die für das Wasserbecken erforderliche Landfläche angekauft und abgegraben werden muß, so ergibt sich, daß derselbe nicht wirtschaftlich werden kann. Man muß ja mit all den starken Abweichungen von den Mittelwerten der Ebbe und Flut rechnen und daher das Becken, um auch der Verschlammung zuvorzukommen, mindestens $1^1/_2$ m tiefer graben, als das durchschnittliche Niedrigwasser ist. Da nun das Gelände unserer Marschen etwa $1^1/_2$ m über mittlerem Niedrigwasser liegt, so sind in unserm Falle 600000 cbm Erde abzugraben. Rechnet man den Wert des Geländes nur zu 1 M. pro qm und die Kosten der Erdarbeiten zu 1 M. pro cbm, so betragen die Anlagekosten allein 800000 M. Dafür erhält man konstant 150 Pferdestärken. Auf eine Pferdestärke entfallen also 800000 : 150 = rund 5300 M. Anlagekosten. Dabei fehlen noch alle Kosten für Deiche, Zuleitkanäle, Uferdeckung, Maschinen und Schützen sowie deren Montierungskosten.

Aus dieser Aufstellung erkennt man schon, daß eine wirtschaftliche Arbeitgewinnung nur möglich ist, wenn erstens die Anlageflächen kostenfrei zur Verfügung stehen, und zweitens wenn nur wenig Erdarbeiten auszuführen, d. h. wenn natürliche Becken vorhanden sind, die sich für die Anlage benutzen lassen. Rechnerisch sind allerdings ungeahnte Mengen von Energie zu gewinnen. Bei einer Bodenfläche von 625 qkm wäre z. B. eine Million Pferdekräfte zu erzielen. Leider lassen sich die Voraussetzungen der Rechnung aber nicht erfüllen. Wäre eine solche Fläche etwa in Cuxhaven vorhanden, so müßten beispielsweise dann, wenn für die Füllung eine halbe Stunde Zeit in Anspruch genommen würde, 350000 cbm Wasser pro Sekunde durch die Schützen fließen, und das ist einfach unausführbar. Die Unausführbarkeit wird klar, wenn man sich vergegenwärtigt, daß der schnellfließende Rhein pro Sekunde „nur“ 2000 Kubikmeter Wasser führt, und dies bei einer Breite von beinahe 400 Metern!

Digitized by Google

Eher noch als die geschilderte Anlage wäre eine andere ausführbar, die zwei Becken vorsähe, von denen der Spiegel des einen etwas niedriger liegt als das Hochwasser, der des anderen etwas höher als Niedrigwasser. In jeder Tide kann bei Hochwasser das obere Becken einige Stunden während des Hochwassers zur langsameren Füllung geöffnet bleiben, bei Niedrigwasser das untere einige Stunden zum Ablaß des in ihm enthaltenen Wassers. Die Turbinen erhalten dann ihr Speisewasser nur aus dem oberen Becken, das dann unaufhörlich abgeben kann, wenn nur die Verhältnisse danach eingerichtet sind. Würden z. B. dauernd 9000 bis 10 000 cbm pro Sekunde von dem oberen Becken durch die Turbinen nach dem unteren laufen können, und zwar mit einem Gefälle von 1,25 bis 1,9 m, meistens aber mit mehr als 1,4 m Gefälle, so würde die Arbeitleistung zwischen 100 000 und 175 000 Pferdestärken wechseln. Dabei erhielten die Schützen aber schon eine Gesamtöffnung von 20 000 qm! Aber auch diese Anlage könnte nur wirtschaftlich arbeiten, wenn das Becken der Hauptsache nach schon vorhanden wäre, wenn man also eine vorhandene große Bucht mit schmalem Zugang nach dem Meere abschließen könnte, oder wenn eine vorgelagerte Insel mit schmalen Ausgängen zum Meere benutzt werden könnte.

Die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen wächst naturgemäß sofort beträchtlich, wenn höhere Gezeitenunterschiede zur Ausnutzung gelangen können, wie das z. B. in St. Malo an der Küste der Bretagne der Fall ist, wo die Springflut 12,3 m beträgt. Ein Becken von 200 000 qm Grundfläche könnte hier soviel Wasser aufnehmen, daß während des ganzen Tages etwa 1000 Pferdestärken zur Verfügung ständen. Natürlich verringert sich die Leistung beim Übergang von der Springtide zur tauben Tide von Tag zu Tag und beträgt am Tage der letzteren nur etwa 500 Pferdekräfte.

Als eine sehr günstige Gelegenheit zur Ausnutzung der Ebbe und Flut könnte, wie Professor Bubendey meint, die Trockenlegung der Zuidersee erscheinen. Die Abdämmung derselben sollte, einem früheren Entwurfe gemäß, bei der Insel Wieringen erfolgen. Die hochliegenden und schlickhaltigen fruchtbaren Flächen sollten durch besondere Deiche abgeschlossen und der Bodenkultur erschlossen werden, während zwischen den Deichen ein 3600 qkm großes Binnenmeer bleiben sollte, welches sich in seinem Niveau nur sehr wenig erheben könnte. Dem Becken würden durch die Yssel und andere Flüsse bis zu 2500 cbm Wassermenge in der Sekunde zufließen, die durch eine Schützenanlage von vielleicht 300 m Länge und 4 m Höhe regulierbar wäre. Viermal größere Schützenabmessungen würden gestatten, bei Niedrigwasser

Digitized by Google

auch das Wasser mit abzulassen, welches während der Zeit der höheren Außenwasserstände durch die Turbinen dem Binnenmeere zuströmen würde. Aber eine die halbe Tide währende Einströmung mit 10000 cbm Wasser pro Sekunde würde den Wasserspiegel des Binnenmeeres nur um 12 bis 13 cm heben können. Wie man sieht, muß auch hier die Erzielung von Arbeit daran scheitern, daß ein so kleines Gefälle nicht ausreicht, um in Wassermaschinen in Arbeit umgesetzt werden zu können. An der Stelle der Abdämmung würde der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser nur 80 cm betragen, und das genügt zur Erzielung namhafter Arbeitsmengen nicht.

Es ist also nicht so einfach, die Idee in die Tat umzusetzen, schon weil es sehr schwer ist, geeignete Orte zu finden, an denen sich die Sache lohnt. Anders kann es werden, wenn wir einmal in die Lage kommen sollten, uns nach anderen Kraftquellen als die Kohle umzusehen, deren Preis der Dampfmaschine immer noch gestattet, in erfolgreiche Konkurrenz mit manchen Anlagen zur Ausnutzung natürlicher Arbeitschätze zu treten. F. L.



Epidemische Perlenkrankheit der Flussperlmuschel.

Im Oktober 1907 kamen aus Livland Nachrichten über den massenhaften Fund von Perlmuscheln der Art Anodonta margaritifera, „die fast ausnahmslos perlhaltig waren". Dieses seltene Verhalten wurde aus Marienburg gemeldet. Es betraf die Quellgebiete des Peddez und der Windau, von denen jener der Düna, diese durch die Schwarzbäche der Au zugehn. Ein Schwesterbach der Windau ist übrigens auf der Karte als Perlbach bezeichnet. Daraus ist zu schließen, daß Perlmuscheln dort auch früher nicht unbekannt waren. Die Karte der Perlvorkommen auf Seite 13 des Scobelschen Handelsatlas ist demgemäß, wie bei den Marschallinseln, der Ergänzung auch hier bedürftig. Nicht ohne Bedeutung erscheint für das Zustandekommen jener Perlenepidemie das Klima des Sommers 1907. Nach nahezu normalen Niederschlägen brachte der August auch diesem Grenzlande Mitteleuropas einen Anteil an dem übermäßigen Regenreichtum jenes Sommers. In der ersten Hälfte des September wurden sogar Überschwemmungen gemeldet. Auf dem hochgeschwollenen Windauflusse des benachbarten Kurland wurde eine Menge zum Flößen bestimmten Holzes abgetrieben, dessen Wert auf eine Million Mark geschätzt wurde. Es ist anzunehmen, daß die livländischen Niederungen ebenfalls unter Überschwemmungen litten, die auf lange Zeit noch Wasseransammlungen zurückließen. Solche

Digitized by Google

Lachenbildung begünstigte aber die Ansiedlung von Wasservögeln, zumal zur Zeit der Wanderflüge. Tatsächlich wurde schon zu Anfang Juli 1907 unter ähnlichen Niederschlagsverhältnissen in Westdeutschland, aus dem Rheingau, eine solche ungewöhnliche Ansiedlung von Wasservögeln berichtet. Es waren Kormorane, die sich auf der Westfälischen Au, zwischen Erbach und Östrich, niedergelassen hatten. Der letzte Kormoran im Rheingebiete, ein vereinzeltes Exemplar, das bloß herübergestrichen war, war zu Anfang der 1880er Jahre beim Forstamte Fischbach in der südlichen Pfalz erlegt worden. Solche Bereicherungen der Wasser-Ornis, wie sie also der Umschlag der klimatischen Lage von einem Minder an Niederschlägen zu einem Überfluß an Sommer- und teilweise auch Herbstregen in Europa mit sich brachte, müssen aber die Infektion der Flußperlmuscheln begünstigen. Denn die Übertragung der Distomen-Eier oder -Embryonen, denen die Perlen-Infektion zugeschrieben wird, findet nach verschiedenen Untersuchungen durch Wasservögel statt. Bei Miesmuscheln (Mytilus), die wie Anodonta von Distomenarten zur Perlbildung angehalten werden, machten Jameson, Herdman, Schott und Johnston den Austernfischer (Haematopus ostrealegus L.), einen regenpfeiferartigen Stelzvogel, verantwortlich, M'Intosch allgemein wilde Enten. Eine genauere Untersuchung der livländischen Bach-, Sumpf- und Seefauna würde in dieser Beziehung sicherlich lohnen. Von besonders großer Bedeutung erscheint aber die Ausdehnung einer solchen Untersuchung auf die größeren Flußperlmuschelgebiete Deutschlands, vor allem des Königreiches Sachsen.

W. K.



Digitized by Google



Verzeichnis der der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Köhler, O. Die Entstehung der Kontinente, der Vulkane und Gebirge. Mit 2 Abbildungen im Text. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1908.

Krisch, A. Barometrische Höhenmessungen und Reduzierungen zum praktischen Gebrauche von Jelineks Tafeln. Mit 8 Tafeln. Leipzig, A. Hartlebens Verlag, 1907.

Fortschritte der Physik. Halbmonatliches Literaturverzeichnis. Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, redigiert von Karl Scheel und Rich. Assmann. 6. Jahrgang, Heft 3—24. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1907.

Lotsy, L. P. Vorlesungen über Deszendenztheorien. Mit besonderer Berücksichtigung der botanischen Seite der Frage. Zweiter Teil. Mit 13 Tafeln und 101 Textfiguren. Jena, Gustav Fischer, 1908.

Luppo-Cramer. Photographische Probleme. Mit 25 Mikrophotogrammen. (Encyklopädie der Photographie Heft 58.) Halle a. S., Wilh. Knapp, 1907.

Mayer, Ad. Das Wesen der Gärung und der Fermentwirkungen nach den neusten Ergebnissen der Forschung dargestellt. (Naturwissenschaftliche Zeitfragen Heft 5.) Hamburg, G. Schloeßmanns Verlag, 1908.

Meisel, Ferd. Elemente der geometrischen Optik. Mit 157 Abbildungen im Text. (Bibliothek der gesamten Technik 69. Band.) Hannover, Max Jäneckes Verlag, 1908.

Mercator, C. Das Arbeiten mit modernen Flachfilmpackungen. Mit 8 in den Text gedruckten Abbildungen. (Encyklopädie der Photographie Heft 56.) Halle a. S., Wilh. Knapp, 1907.

Möller, M. Exakte Beweise für die Erdrotation. Wien, Alfred Holder, 1908.

Müller, H., u. Gebhardt, P. Die Mißerfolge in der Photographie und die Mittel zu ihrer Beseitigung. Ein Hilfsbuch für Liebhaber der Lichtbildkunst. II. Teil, Positiv-Verfahren. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. (Encyklopädie der Photographie Heft 9.) Halle a. S., Wilh. Knapp, 1907.

Müller, E. Ueber den Bau der Knochen. Mit 4 Tafeln. (Naturwissenschaftliche Zeitfragen Heft 4.) Hamburg, G. Schloeßmanns Verlag, 1908.

Newcombs Astronomie für jedermann. Eine allgemeinverständliche Darstellung der Erscheinungen des Himmels. Aus dem Englischen übersetzt von F. Gläser, durchgesehen von Prof. R. Schorr und Dr. K. Graff. Mit 2 Tafeln und 68 Textabbildungen. Jena, Gust. Fischer, 1907.

Digitized by Google

Namias, Rud. Theoretisch-praktisches Handbuch der photographischen Chemie. I. Band: Photographische Negativprozesse und orthochromatische Photographie. Nach der dritten italienischen Auflage übersetzt von A. Valerio und Dr. C. Stürenburg. Halle a. S., Wilh. Knapp, 1907.

Die Natur. Eine Sammlung naturwissenschaftlicher Monographien, herausgegeben von Dr. W. Schoenichen. I. Band: Schoenichen, W., Aus der Wiege des Lebens. Eine Einführung in die Biologie der niederen Meerestiere. II. Band: Köthner, P. Aus der Chemie des Ungreifbaren. Ein Blick in die Werkstätten moderner Forschung. Osterwieck, A. W. Zickfeld, 1907.

Naturforschende Gesellschaft in Danzig, Schriften der. Neue Folge. Zwölften Bandes erstes Heft. Mit Tafel 1—5. Mit Unterstützung des Westpreußischen Provinzial-Landtages herausgegeben. Komm.-Verl. v. Wilh. Engelmann, Leipzig, 1907.

Neisser, K. Ptolemäus oder Kopernikus? Eine Studie über die Bewegung der Erde und über den Begriff der Bewegung. Leipzig, Joh. Ambros. Barth, 1907.

Neuhauß, R. Lehrbuch der Projektion. Mit 71 Abbildungen. Zweite umgearbeitete Auflage. Halle a. S., Wilh. Knapp, 1908.

— — Anleitung zur Mikrophotographie. Mit sechs in den Text gedruckten Abbildungen. Zweite umgearbeitete Auflage. (Encyklopädie der Photographie Nr. 8.) Halle a. S., Wilh. Knapp, 1908.

Nölke, F. Das Problem der Entwicklung unseres Planetensystems. Aufstellung einer neuen Theorie nach vorhergehender Kritik der Theorien von Kant, Laplace, Poincaré, Moulton, Arrhenius u. a. Mit 3 Textfiguren. Berlin, Jul. Springer, 1908.

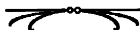
Passarge, H. Ursprung des Lebens aus mechanischen Prinzipien. Berlin, P. Schober, 1908.

Philipp, S. Über uns Menschen. Leipzig, A. Seemann, 1908.

Pleuss, B. Abels Untersuchungen über Schießbaumwolle. Nach den Orginalabhandlungen in den Philosophical transactions of the Royal Society of London. Erste Abteilung: Über die Fabrikation und Zusammensetzung der Schießbaumwolle. Berlin, Friedländer & Sohn, 1907.

Pochhammer, L. Zum Problem der Willensfreiheit. Eine Betrachtung aus dem Grenzgebiet von Naturwissenschaft und Philosophie. Stuttgart, Max Kielmann, 1908.

(Schluß folgt.)



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google



Die Herkunft unserer Zierpflanzen.

Von Dr. C. Müller in Potsdam.

Von jeher hat der Mensch auf die Verbreitung der Pflanzen einen ungeheuren Einfluß ausgeübt und nirgends zeigt sich dies mehr, als wenn wir einmal unter den Gewächsen unserer Gärten und Parkanlagen Umschau halten. Bäume, Sträucher und Blumen aller Zonen und Erdteile finden wir hier vereinigt, manche von ihnen schon vor so langer Zeit bei uns angesiedelt und heute so völlig eingebürgert, daß wir nur wenig oder gar nichts über die Zeit ihrer Einführung wissen, daß uns ihre fremdländische Abstammung kaum noch zum Bewußtsein kommt, und sie uns als echte und rechte Zugehörige unserer heimischen Flora erscheinen. Und immer noch werden neue Arten bei uns eingeführt, begünstigt durch die Erleichterung des Verkehrs, durch die Erforschung bisher noch unbekannter Weltgegenden, vor allem aber durch die fortgeschrittene, gärtnerische Kunst, die es den Fremdlingen ermöglicht, auch unter veränderten Verhältnissen, fern von der Heimat, zu gedeihen und ihre Reize zur Entwicklung zu bringen.

Die Entstehung der ersten Gärten auf deutschem Boden reicht bis ins Ende des achten oder bis in den Anfang des neunten Jahrhunderts zurück. Ein möglichst getreues Bild derselben liefern uns noch heute unsere Bauerngärten. Die Übereinstimmung, welche diese in ihren Pflanzen und letztere wieder in ihren Namen zeigen, macht es wahrscheinlich, daß unsere Gartenpflanzen von einem und demselben Mittelpunkt ausgegangen sind und einer und derselben treibenden Kraft ihre Verbreitung verdanken. Der Umstand nun, daß die Pflanzen der

Digitized by Google

Bauerngärten sich fast vollständig im 70. Kapitel von Karls des Großen „Capitulare de villis“ wiederfinden, führte zu der Annahme, daß die Gärten des großen Kaisers der Verbreitungsmittelpunkt gewesen seien und daß das hervorragende Ansehen, welches er genoß, die Ausbreitung der Pflanzen begünstigt habe. Für Südwestdeutschland oder einen Teil davon, so schreibt von Fischer-Benzon in seiner „Altdeutschen Gartenflora“, mag dies richtig sein, darüber hinaus aber wird Karls Einfluß kaum gereicht haben. Wir haben unsere Bauerngärten vielmehr als Wiederholungen oder Nachbildungen der ehemaligen Klostergärten zu betrachten. Die Ausbreitung des Christentums aber hat es bewirkt, daß die Bauerngärten bis nach Nordeuropa hinauf eine so weitgehende Übereinstimmung zeigen. Denn wenn die Mönche auszogen, um ein neues Kloster zu gründen, so nahmen sie in den neuen Klostergarten die Pflanzen des alten mit hinüber und verteilten sie von da aus weiter.

Die Zahl der in diesen ältesten Gärten kultivierten Zierpflanzen ist eine sehr kleine gewesen; sie alle sind bis auf wenige einheimische Arten aus Italien, einige vielleicht über Gallien zu uns gekommen, wohin die meisten von ihnen ebenfalls erst aus anderen Ländern eingeführt waren. Als bekannteste unter diesen tritt uns zunächst die Rose entgegen, die ja noch heute den schönsten Schmuck unserer Gärten bildet. Nach Focke ist die Zucker- oder Essigrose, Rosa gallica, die wichtigste Stammart unserer vorzüglichsten Edelrosen. Sie wächst wild in Südeuropa und Kleinasien, und ist die Zentifolie, diejenige Rosenart, die für das Mittelalter in erster Linie in Betracht kommt, vielleicht eine Varietät der Zuckerrose, mit größerer Wahrscheinlichkeit aber ein Bastard derselben, da sie in Tracht, Bau und Farbe der Blume doch nicht unerheblich von dieser abweicht. Plinius ist es übrigens gewesen, der als erster den Namen Zentifolie gebraucht hat; es ist dies nach ihm eine auf dem Pangäusgebirge einheimische Rose, die durch Veredlung entstanden ist. Jedenfalls ist die Zentifolie über die Alpen in die deutschen Gärten gekommen und mit ihr gewiß noch manche andere Rosenart, die dann im Verein mit den einheimischen Rosen zum Ausgangspunkt immer neuer Ab- und Mischarten geworden sind. Selbstverständlich haben spätere Jahrhunderte uns noch manche andere Rose zugeführt, von denen hier nur einige genannt sein mögen, so die Damaszener oder Monatsrose, die um 1100 während der Kreuzzüge aus Syrien, die indische Rose, ein chinesischer Strauch, die 1698 aus Ostindien eingeführt wurde, des weiteren die bengalische Rose, die 1780 durch einen gewissen Ker aus Kanton zuerst in die königlichen Gärten von Kent bei London kam, sowie die sogenannte Teerose, die 1825 aus China nach England gebracht wurde.

Digitized by Google

Ein regelmäßiger Begleiter der Rose in jenen ersten Gärten war die weiße Lilie, die Persien entstammen soll. Wann sie von dort nach Griechenland gelangt ist, läßt sich nicht bestimmen, jedenfalls aber wurde sie hier in der klassischen Zeit überall angebaut. Überraschen dürfte, daß auch unser Veilchen, dieser allbeliebte Frühlingsbote, erst aus Italien zu uns gekommen ist. Erwähnen wir nun noch die Schwertlilie (Iris), deren verschiedene Arten sämtlich aus Südeuropa stammen, sowie die Meerzwiebel (Scilla maritima), die heute wohl nur noch in Töpfen gezogen wird und deren Heimat die sandigen Ufer des Mittelmeeres und des Atlantischen Ozeans in Portugal sind, so dürften die bekanntesten Pflanzen genannt sein, die in den ältesten deutschen Gärten als eigentliche Ziergewächse gebaut wurden. Was sonst noch im „Capitulare" aufgeführt worden ist, waren Pflanzen, die weniger der Zierde als ihres für heilkräftig gehaltenen Geruches wegen gebaut wurden, wie z. B. Salbei, Lavendel, Rosmarin, Melisse, Minzen, Raute, Eberreis, Liebstöckel u. a. Sie gehören fast alle, bis auf einzelne Minzen, Beifuß und den Andorn (Marrubium vulgare), dem Mittelmeergebiete mit Nordafrika und Kleinasien an und sind natürlich aus Italien zu uns gekommen.

Einen nicht geringen Einfluß auf die Einführung neuer Gartenpflanzen übten in den nachfolgenden Jahrhunderten die Kreuzzüge sowie die Römerzüge der deutschen Kaiser aus. Nicht bloß Kriegsheere überschritten dabei die Alpen, auch mancherlei anderes Volk pilgerte gen Rom oder gar zum heiligen Lande, und so manche Pflanze, die ihrer schönen Blüte oder einer anderen Eigenschaft wegen die Aufmerksamkeit erregt hatte, mag mit diesen Pilgern in deren Heimat gewandert sein. Genueser, Venetianer und andere italienische Seefahrer unterhielten seit den Kreuzzügen lebhaften Handel nach dem Orient; mit den mannigfaltigen Produkten, die sie von dort her einführten, wird auch manche neue Zierpflanze nach Italien gelangt sein, die dann von dort aus ihren Weg in deutsche Gärten gefunden hat. So soll z. B. der Goldlack im 13. Jahrhundert von dort her zu uns gekommen sein; zur selben Zeit mögen auch, wie Töpfer schreibt, die Goldblume (Chrysanthemum coronarium) und die Vexiernelke (Coronaria tormentosa) aus Italien bei uns eingeführt sein. Aus demselben Lande haben wir dann noch die Nachtviole (Hesperis matronalis), die Levkoie und den Buchsbaum, der aus dem Orient stammen soll, erhalten. Alle diese waren übrigens schon bei den alten Griechen und Römern als Zierpflanzen in Gebrauch, der Buchsbaum wurde z. B. schon damals zur Einfassung von Gartenbeeten verwendet, vielleicht sogar schon durch Beschneiden in mancherlei wunderliche Formen gebracht, denn Martial und auch

Digitized by Google

spätere Schriftsteller sprechen von beschnittenem Buchsbaum. Alles in allem kann aber, auch wenn wir annehmen, daß noch einige einheimische Pflanzenarten kultiviert wurden, die Zierflora damaliger Zeit nach unseren heutigen Anschauungen nichts weniger als reich genannt werden. Erst der zweiten Hälfte des fünfzehnten Jahrhunderts war es vorbehalten, durch zwei Ereignisse von weitestgehender Bedeutung den Anstoß zur Einführung zahlreicher ausländischer Zierpflanzen zu geben, nämlich durch die Festsetzung der Türken in Europa und die Entdeckung Amerikas. „Fast scheint es", so sagt Schwendener, „als hätten die Türken aus ihrer Heimat, dem Steppengebiet Mittelasiens, eine Vorliebe für schöne blühende Gewächse mit nach den Ufern des Bosporus gebracht. Es war noch nicht hundert Jahre her, daß sie sich hier niedergelassen hatten, und schon waren ihre Gärten erfüllt mit farbenprächtigen, stolzen, bis dahin in Europa unbekannten Gewächsen."

Eine der bekanntesten unter diesen Pflanzen ist die Tulpe, die ihren Namen wegen der Ähnlichkeit der Blüte mit einem Turban, (dulbend) erhalten hat. In den morgenländischen Gärten war sie schon früh bekannt. Ihre Entdeckung und Einführung bei uns verdanken wir dem Gesandten Kaiser Ferdinands I. am türkischen Hofe, Gislen Busbeck, der sie im Januar zwischen Adrianopel und Konstantinopel, mit Narzissen und Hyazinthen zusammen blühend, fand. Die erste Tulpe blühte in Europa 1559 in Augsburg, und zwar im Herwartschen Garten; sechs Jahre nachher prangte sie auch in den Fuggerschen Gärten, und um dieselbe Zeit war sie durch Busbek nach Prag gebracht worden. 1629 zählte man schon 140 Spielarten. Um diese Zeit ungefähr erreichte der Handel mit Tulpen und die Zucht derselben in Holland seinen Höhepunkt. Man zahlte damals fabelhafte Preise, z. B. für eine einzige „Semper Augustus" 13000 Fl., verkaufte sogar Zwiebeln, die man nicht besaß, unter der Bedingung, sie dem Käufer in einer festgesetzten Zeit zu liefern. Derartige Spekulationsgeschäfte konnten natürlich nicht von langer Dauer sein. Die Käufer weigerten sich, die vorbedungenen Summen zu bezahlen, und als die Generalstaaten im April 1637 erklärten, daß solche Summen auf dem gewöhnlichen Wege, wie jede andere Schuld, beigetrieben werden sollten, da sanken die Preise auf einmal, und man konnte nun eine „Semper Augustus" für 50 Fl. haben.

Fast hundert Jahre später wurden in Holland die Hyazinthen, die ja noch heute in zahlreichen Abarten kultiviert werden und sich bei Blumenfreunden fortgesetzt besonderer Vorliebe erfreuen, zu einem hervorragenden Handelsartikel. Sie kamen in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts aus der Gegend von Bagdad über Konstantinopel ins

Digitized by Google

Abendland. Auch die Narzisse war unter den von dort anlangenden Pflanzensendungen vertreten und wurde von Camerarius geradezu als Konstantinopolitanische Pflanze bezeichnet. Allerdings sind auch einzelne Arten dieser Gattung von andersher gekommen, denn die Tazette (Narcissus Tazetta) wurde 1565 von Clusius am Berge von Gibraltar und die Jonquille auf den Wiesen bei Cadiz und Sevilla entdeckt und dann in unseren Gärten eingeführt.

Aus Persien und der Türkei stammen verschiedene Varietäten der Ranunkeln, von denen einige schon zur Zeit der Kreuzzüge nach Europa gebracht wurden. Eine eigentliche Ranunkelmode begann im 17. Jahrhundert. Der türkische Kaiser Muhamed IV. beschäftigte sich nämlich mit der Zucht der Ranunkeln, welche seine Lieblingsblumen waren. Da nun sein Großwesir Kara Mustapha diese Neigung seines Herrn begünstigte, so mußten alle Paschas des Reiches Samen und Wurzeln dieser Blumen nach Konstantinopel senden, von wo aus sich dann diese Pflanzen nach dem Abendlande verbreiteten, indem die Gesandten der europäischen Mächte Exemplare dieser an die heimatlichen Höfe übermittelten. Marseille erhielt diese Blumen besonders früh; schon 1570 konnte ein aus dieser Stadt stammender Kaufmann eine ganze Ladung derselben dorthin senden.

Von sonstigen Pflanzen hat uns die Türkei noch die Kaiserkrone (Fritillaria imperialis), ebenso eine Abart derselben, die sogenannte Schachblume (Fr. meleagris), geliefert, und zwar um die Mitte des 16. Jahrhunderts, sodann den allbeliebten Flieder, des weiteren den syrischen Eibisch (Hibiscus syriacus) und den Kirschlorbeer, vor allem aber die Roßkastanie. Die erste gedruckte Nachricht von diesem Baume, dessen Heimat neuerdings in den Bergwäldern Mazedoniens gesucht wird, findet sich in den Briefen des Matthiolus, der von 1555 bis 1565 kaiserlicher Leibarzt in Prag und Wien war. Gepflanzt und in Deutschland bekanntgemacht wurde die Kastanie etwas später durch den schon erwähnten Clusius, den größten Pflanzenforscher damaliger Zeit, der, durch seine großen Reisen in den verschiedensten Gegenden Europas dazu besonders befähigt, sich als Ratgeber verschiedener, der Gartenkunst zugetaner Fürsten, in hervorragender Weise um die Einführung und Pflege ausländischer Ziergewächse verdient gemacht hat. Er starb, nachdem er seine beste Lebenszeit in Deutschland zugebracht, 1609 zu Leyden, gleich hoch geschätzt als Mensch wie als Gelehrter.

„Bei weitem kleiner“, so schreibt Töpfer in seiner Abhandlung über die Herkunft unserer Zierpflanzen, „war bis zum Ende des sechzehnten Jahrhunderts die Zahl der Pflanzen, die aus der neuen, durch Kolumbus und seine Nachfolger erschlossenen Welt in deutsche Gärten gelangten.

Digitized by Google

Das darf uns nicht wundern. Zunächst waren es ja nur tropische Gebiete, Südmexiko, Zentral- und das nördliche Südamerika, denen sich die Entdeckungsfahrten zuwandten, und man verstand es nicht, die Blumenwunder dieser Länder, so sehr man sie auch anstaunte, nach Europa überzuführen. Wie sollten die zarten Kinder der heißen Zone eine monatelange Seefahrt aushalten, um sich dann der noch ungeschickten Gartenkunst anzubequemen? Und wenn einzelne mexikanische Pflanzen, wie die Opuntia und Agave, auch schon früh — man gibt 1561 an — in den Mittelmeerländern eine neue, ihnen zusagende Heimat gefunden hatten, so war ihnen doch unser Boden, unser Klima viel zu rauh. Nur die spanische Kresse, der spanische Pfeffer, die Sonnenblume, Tabak und Tomate bürgerten sich schon im sechzehnten Jahrhundert bei uns ein." Immerhin war die Gesamtzahl ausländischer Zierpflanzen, um die damals die Gartenflora vermehrt wurde, eine nicht unbeträchtliche. Besonders trugen zur Kultur derselben die botanischen Gärten bei, von denen eine ganze Reihe, z. B. in Pisa, Padua, Florenz, Bologna, Leyden, Leipzig, Breslau u. a., dem wachsenden Interesse für die Pflanzenwelt ihr Entstehen verdanken. Aber auch reiche Privatleute setzten einen Stolz darin, ihre Gärten mit ausländischen Pflanzenneuheiten zu zieren und trugen dazu bei, daß mancher Fremdling bei uns eine neue Heimat fand. So zeichneten sich die Gärten der Fugger durch Seltenheit der Pflanzen aus, ebenso diejenigen des zünftigen Bürgermeisters Jakob Herbort in Augsburg (1532) und Johann Heinrich Herwarts (1537). Ähnliche, wenn auch minder großartige Gärten waren in Nürnberg und Ulm, ein durch die Mannigfaltigkeit seiner Pflanzen berühmter Garten des weiteren in Breslau, der dem Arzte Laurentius Scholz, welcher bis zum Jahre 1599 dort lebte, gehörte. Wie Professor Cohn berichtet, enthielt dieser unter anderem die damals erst soeben durch die Portugiesen aus Ostindien eingeführte Balsamine (Impatiens balsamina) und das indische Blumenrohr (Canna indica), das heute zu einer beliebten Zierpflanze gewordene Chrysanthemum carinatum, welches Kaiser Karl V. von seiner Meeresfahrt aus Tunis mitgebracht hatte, ebenso verschiedene italienische Gartenanemonen.

Wenn mit dem Beginn des 17. Jahrhunderts eine größere Zahl von Pflanzen aus Amerika in Europa eingebürgert wurde, so ist dies nicht zum Geringsten das Verdienst des französischen Gärtners Jean Robin, dem zu Ehren der als Akazie bekannte Baum seinen Namen, Robinia Pseudacacia, erhalten hat. Noch heute soll im Pariser Pflanzengarten ein Baum dieser Art stehen, der angeblich von ihm selbst im Jahre 1636 gepflanzt ist. Demselben Mann verdanken wir auch die erste genaue Abbildung der Amaryllis formosissima, deren Zwiebeln schon 1593 aus

Digitized by Google

Südamerika, nach anderen aus Mexiko eingeführt sein sollen. Zur selben Zeit hielten noch der wilde Wein, Sumacharten, amerikanische Astern und die kanadische Himbeere ihren Einzug in die alte Welt, ebenso die Kardinalsblume (Lobelia cardinalis), aus Virginien stammend. Und immer neue Zierpflanzen haben wir in der folgenden Zeit aus Amerika bezogen und beziehen solche noch von dort, vor allem Laubhölzer, die, dem nördlichen Teile dieses Erdteils angehörend, sich durch die prächtige Färbung ihrer Blätter zur Herbstzeit auszeichnen. Aus der großen Zahl derselben seien hier nur die verschiedenen Eichen (Quercus rubra und palustris), Pappeln (Populus canadensis, monilifera und balsamifera), Nußbaumarten (Juglans nigra und cinera), die Platane (Pl. occidentalis), einige Rüstern (Ulmus americana und fulva), mehrere Arten von Birken (Betula nigra, lenta, lutea, populifolia) und Eschen, (Fraxinus pennsylvanica, americana und nigra), daneben verschiedene Linden (Tilia alba, pubescens und americana) und die rot- wie die gelbblühende Kastanie genannt. Auch der eschenblättrige Ahorn (Acer negundo) hat seine Heimat in Amerika, ebenso der Tulpen- und der Trompetenbaum (Catalpa syringaefolia), die großblütige Magnolia und die dreidornige Gleditschie oder Christusakazie. Sehr gut eingebürgert hat sich bei uns eine Reihe amerikanischer Nadelhölzer, z. B. die Weymuthskiefer, die Balsamtanne, Nordmanns Weißtanne, die Hemlock-, sowie die Douglas-Tanne und die Weißfichte, die schon ums Jahr 1700 in Europa eingeführt wurde, des weiteren die Sumpfceder (Taxodium distichum) und der gemeine Lebensbaum (Thuja occidentalis), verschiedene Zypressen und der amerikanische Wacholder. Daß wir heute eine so große Zahl amerikanischer Bäume in unseren Parkanlagen vorfinden, verdanken wir zum guten Teil dem im Jahre 1800 verstorbenen preußischen Oberforstmeister von Wangenheim, der als hessischer Offizier am nordamerikanischen Kriege teilgenommen und dabei die Bäume jener Gegenden kennen gelernt hat.

Besonders reich sind amerikanische Sträucher bei uns vertreten und erfreuen gerade sie sich hervorragender Wertschätzung für Park- und Gartenanlagen, so beispielsweise die rot- und goldgelbblühende Johannisbeere, die beide in den ersten Dezennien des vorigen Jahrhunderts zu uns gekommen sind und heute mit ihren herrlich duftenden und weithin leuchtenden Blütentrauben zu den beliebtesten Kindern des Frühlings gehören. Kaum ein Ziergarten entbehrt wohl der Schneebeere, deren kugelige, weiße Früchte auch während des Winters stehen bleiben, auch verschiedene amerikanische Clematisarten, der kanadische Mondsame (Menispermum canadense), die Maurandia und die großblättrige Osterluzei (Aristolochia sipho) sind überall bei uns als Schlingpflanzen beliebt geworden und finden neben den verschiedensten amerikanischen Weinreben

Digitized by Google

(Vitis labrusca, aestivalis, cordifolia und rotundifolia) weitestgehende Verwendung zur Bekleidung von Mauern und Lauben. Traubenkirsche, Spiraea und Pfeifenstrauch, Weißdorn, Eberesche, Haselstrauch und Geißblatt sind in amerikanischen Arten bei uns vertreten, und die ihrer immergrünen, glänzenden Blätter wegen für die Kranzbinderei so wertvolle Mahonia, die wohlriechenden Gewürzsträucher (Calycanthus), der Kleestrauch (Ptelea trifoliata), die kanadische Sumpfrose (Rhodora canadensis), die breitblättrige Kalmie, mehrere für das freie Land besonders geeignete Azaleen und verschiedene Cornusarten entstammen ebenfalls der nördlichen Hälfte der Neuen Welt.

Nicht geringer war die Zufuhr an eigentlichen Garten- und Blumenpflanzen. Im Jahre 1820 kam aus Arkansas Calliopsis bicolor zu uns, in unseren Gärten wegen ihrer goldgelben bis braunen, breiten Strahlenblüten besonders beliebt, 1827 die von Clarke an der Nordwestküste Nordamerikas entdeckte und nach ihm benannte Clarkia pulchella. Texas lieferte uns die Flammenblume (Phlox), Kalifornien die zartblaue Nemophila und blaß- bis orangegelb blühende Eschholtziaarten, während wir Mexiko die Zinnien mit ihren purpurroten Blütenknospen, die Studentenblume (Tagetes), die himmelblaue Camelyna und mehrere Lobelien verdanken. Mexiko ist auch die Heimat der allbekannten Georgine, einer Pflanze, die sich bei uns dadurch so viele Freunde erworben hat, daß sie ihre großen und zahlreichen Blüten bis zum Eintritt der ersten Fröste entwickelt, zu einer Zeit also noch, zu welcher die meisten anderen Gartenblumen verschwinden. Eingeführt wurde sie durch den Botaniker Vincent Cervantes, der diese Pflanze 1784 an den Abbé Antonio Cawanilles, den damaligen Direktor des Botanischen Gartens zu Madrid, sandte. Von hier verbreitete sie sich in mehreren Abarten auch nach anderen Ländern. Vor allem aber war es Alexander von Humboldt, der die Kultur der Dahlien — es war dies der ursprünglich dieser Pflanze beigelegte Name — in Anregung brachte, indem er von seiner Reise neue Samen und Varietäten mitbrachte. Schon 1806 konnte der Hofgärtner Breiter in Leipzig mehr als 100 Abarten aufweisen. Die erste gefüllte Georgine zu erziehen, gelang aber erst 1808 dem Garteninspektor Hartwig zu Karlsruhe. Seit 1824 fand diese Blume eine besondere Pflegestätte bei Degen in Köstritz, einer Blumenzüchterei, die noch jetzt die hauptsächlichste Bezugsquelle für Georginenneuheiten ist.

Nicht unerwähnt dürfen wir die Cacteen lassen, die bei uns nicht nur ihrer schönen Blüten, sondern auch ihrer seltsamen, oft sehr grotesken und bizarren Formen wegen zahlreiche Liebhaber gefunden haben. Sie entstammen dem wärmeren Amerika, darunter nicht wenige Arten, deren man jetzt übrigens sicher wohl über tausend unterscheidet, der südlichen

Digitized by Google

Hälfte dieses Erdteils. Die Zahl der von dort bezogenen Pflanzen ist verhältnismäßig gering; diese wenigen aber erfreuen sich bei allen Gartenbesitzern außerordentlicher Bevorzugung, so zum Beispiel die Feuer-Verbene (Verbena chamaedrifolia), die im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts bei Buenos Aires entdeckt wurde und die mit einigen anderen Arten die Stammutter der vielen Bastarde ist, welche jetzt in unseren Gärten zu finden sind; des weiteren die Petunie, die 1824 in Europa bekanntgeworden ist, vor allem aber die Fuchsien. Schon 1703 hatte Plumier, wie Töpfer berichtet, die aus Chile stammende Fuchsia coccinea beschrieben, bis 1836 aber waren nur einige wenige abweichende Arten dieser schönen Pflanzengattung bekannt. Da wurden aus verschiedenen Gegenden Südamerikas, zum Teil auch aus Mittelamerika die prächtigen F. corymbiflora, fulgens, macerostemma, splendens und globosa nach Europa gebracht. Die Gärtner wetteiferten in der Hervorbringung immer neuer Abarten, und só sind die mit Blüten über und über bedeckten kleinen Sträucher entstanden, die unsern Wohnzimmern und den Sommer über dem freien Lande zur schönsten Zierde gereichen. Neben diesen wäre noch die Pantoffelblume zu nennen, von welcher durch Kultur und Kreuzung zahlreiche farbenprächtige Arten entstanden sind, des weiteren der köstlich duftende Heliotrop, der in Peru zu Hause ist, das bolivianische Schiefblatt (Begonia boliviensis) und die Passionsblume (Passiflora). Die erste Passiflora kam übrigens schon 1609 nach Rom. Ihren Namen erhielt sie dadurch, daß man in der Blüte die Säule dargestellt sah, an welcher der Erlöser gebunden ward, außerdem die Nägel, die Dornenkrone mit ihren zweiundsiebzig Dornen und die fünf Wundmale. Die Blätter mit ihren Rankenspitzen sollten die Speere und Lanzen der römischen Soldaten versinnbildlichen, die den Gekreuzigten bewachten. Erwähnen wir noch die gemeine Wunderblume (Mirabilis Jalapa), die dadurch ausgezeichnet ist, daß sie auf demselben Stamme gelbe, rote, rot- und gelbbunte, trichterförmige und langröhrige Blumen hervorbringt, mehrere Nachtschattengewächse (Solanum marginatum, robustum usw.), wegen ihrer schönen, mannigfaltig gestalteten und gefärbten Blätter beliebte Dekorationspflanzen, das aus demselben Grunde geschätzte Caladium bicolor und die 1796 eingeführte Chiletanne (Araucaria imbricata), so dürften damit die bekanntesten Zierpflanzen südamerikanischen Ursprungs genannt sein.

Eine neue Quelle für die verschiedensten Zierpflanzen eröffnete sich dem Pflanzenliebhaber und dem Züchter um die Mitte des 17. Jahrhunderts durch die Besitznahme des südlichen Afrika seitens der Holländer. Die erste Pflanze, die von dorther nach Europa gekommen ist, soll ein Eiskraut (Mesembryanthemum) gewesen sein; ihm folgten die Pelar-

Digitized by Google

gonien, die besonders zu Anfang des vorigen Jahrhunderts die beliebtesten Modeblumen waren, aber auch jetzt noch gern gesehene Gäste unserer Gärten sind. Leider sind die meisten der afrikanischen Gewächse für einen dauernden Aufenthalt im Freien bei unserm Klima nicht geeignet; sie können nur als Zimmerpflanzen oder in Treibhäusern gedeihen, und so ist es denn erklärlich, daß verhältnismäßig nur wenige Arten afrikanischer Pflanzen kultiviert werden. An Zimmer- und Treibhauspflanzen, die diesem Erdteile entstammen, mögen die Drachenbäume (Dracaena marginata und stricta), mehrere Aloearten, vor allem aber die unter dem Namen Calla bekannte Richardia africana, die stechpalmblättrige Clifordie, Stapelien, Proteaceen, wegen ihrer schönen und mannigfaltigen Blatt- und Blütenbildung geschätzt, fleischige Euphorbien und zierlich gebaute Ericaceen genannt sein. Auch die größte aller krautartigen Pflanzen, die mit ihren riesigen Blättern zum Aufbau prächtiger Gruppen in unseren Parkanlagen dient, Musa Ensete, hat Afrika zur Heimat. Sie wurde vor etwa 100 Jahren von James Bruce in Abessinien entdeckt, erst 1853 aber als Zierpflanze eingeführt. Ob der wohlriechende Reseda, der von einigen Botanikern als nordafrikanisches Gewächs bezeichnet wird, dort wirklich seine Heimat hat, mag dahingestellt bleiben. Von anderer Seite wird Syrien als solche angegeben.

Was von den afrikanischen Pflanzen gesagt worden ist, gilt in verstärktem Maße von den australischen. Die Angehörigen dieses Erdteils können nur mit ganz geringen Ausnahmen unsern Winter im Freien bestehen, infolgedessen die Zahl der von dorther eingeführten Gewächse ebenfalls eine sehr kleine ist. Am bekanntesten dürften die aus Australien bezogenen Strohblumen sein, von denen wir übrigens auch einige Arten vom Kap bekommen haben, und die unter der Bezeichnung Immortellen wegen ihrer schön gefärbten, trockenhäutigen Hüllblätter und ihrer großen Haltbarkeit in ausgedehnter Weise zur Anfertigung von Winterbuketts und Kränzen verwendet werden. Weiter wäre noch Callistemon speciosus, der sogenannte Schönfaden, ein Gewächshausrierstrauch mit roten langen Blütenähren, einige Cajaputbäume mit ihren balsamisch duftenden Blättern sowie verschiedene Arten von Akazien zu nennen (A. dealbata, podalyriifolia, armata, hastulata u. a.). Lange Zeit kannte man diese schon aus den Schauhäusern der botanischen Gärten, wo die empfindlichen „Neuholländer", in Glasräume gebannt, ein enges Dasein führten. Erst um die Mitte des letzten Jahrhunderts kam, wie Diels schreibt, sozusagen ihre Erlösung. Man begann sie unter dem bevorzugten Himmel der Riviera frei in Luft und Licht zu pflanzen. Und da haben sie sich freudig entwickelt. Fast wie in ihrer fernentlegenen Heimat gedeihen sie und bringen so reichen Ertrag, daß

Digitized by Google

die Sträuße der australischen Akazien mit ihren tausenden von gelben Blüten zu den bekanntesten Winterblumen bei uns geworden sind. Gleich den vorgenannten Akazien sind auch die australischen Eucalyptusbäume an den sonnigen Gestaden der Riviera wie im Süden Italiens angepflanzt worden. Einst schrieb man diesen Bäumen die Kraft zu, die Fieberkeime ungesunder Gegenden vertilgen zu können, und diesem Umstande verdanken sie wohl in erster Linie ihre Einführung in Italien. Den Ausdünstungen aromatischen Öls, das ihrem Laube wie allen Eucalypten eigentümlich ist, sollte diese heilsame Gabe innewohnen. Das war ein Aberglaube; aber daß sie verdächtige Bezirke verbessern, hat sich bestätigt: der außerordentliche Verbrauch dieser schnellwüchsigen Bäume hindert die Stauung des Wassers im Boden und entzieht damit vielen verderblichen Keimen die Mittel für ihr Dasein. Übrigens erreichen diese Bäume in ihrer Heimat eine ganz außergewöhnliche Höhe, z. B. Eucalyptus amygdalina eine solche von 140—152 m, so daß die höchsten dieser Stämme, neben den 135 m hohen Turm der Stephanskirche in Wien aufgestellt, diesen noch um 17 m überragen und von dem Kölner Dom nur um 4 m überragt werden. Bei uns sieht man jetzt in den Läden der Gärtner und Blumenhändler mit jedem Winter häufiger Zweige von Eucalyptus, die durch ihre merkwürdig steifen Blätter und die sonderbaren Knospen, die eher eine harte Frucht als die Hülle einer Blume vermuten lassen, besonders auffallen. Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß uns Australien mit seinen Inseln auch einige Araucaria-Arten geliefert hat, des weiteren verschiedene Banksiaarten, immergrüne Sträucher und Bäume, die zu den zierlichsten Gewächshauspflanzen gehören.

Hatte Asien schon im Altertum so manches seiner Gewächse an das Abendland abgegeben, waren im Mittelalter nicht wenige Angehörige seiner Flora als Zierpflanzen in unsere Gärten gekommen, um sich dort bis auf den heutigen Tag zu erhalten, so sollten auch in der Neuzeit dem Blumenliebhaber mannigfache Bereicherungen von dorther zuteil werden. Der zunehmende Verkehr, vor allem aber die Handelsbeziehungen, die nach und nach mit China und Japan angeknüpft wurden und schließlich dazu führten, daß diese beiden Länder mehr und mehr aus ihrer strengen Abgeschlossenheit heraustraten, eröffnete eine ungeahnte Fülle neuer Zierpflanzen und nicht bloß wildwachsender, sondern auch solcher, die schon seit Jahrhunderten in den eigenartigen Gärten derselben gepflegt waren, wie beispielsweise die Hortensie. Sie wurde 1767 von Commerson in China entdeckt und nach seiner Geliebten Hortense Barré benannt. 1790 führte Banks diese Pflanze nach Europa ein.

Aus China stammt die Gartensternblume (Aster chinensis), die 1732

Digitized by Google

bei uns eingeführt worden ist, die als Gartenzierde überall bekannte chinesische Nelke, die baumartige Päonie, die zu großer Beliebtheit gelangte chinesische Primel und die schon 1753 von Linné beschriebene, aber erst 1848 in unsere Gärten verpflanzte Diclytra septabilis, das sogenannte flammende Herz. Chinesischen Ursprungs ist auch die Osbeckie, ein Zierstrauch unserer Gärten, der im Frühlinge schöne, lilafarbige Blüten treibt, während wir im Süßstrauch (Glycine chinensis) mit seinen hängenden, wohlriechenden Blütentrauben und in verschiedenen Windenarten (Calystegia pubescens, dahurica und purpurea) geschätzte, zur Bekleidung von Lauben und Wänden vielfach gebrauchte Schlinggewächse erhalten haben. Japan hat uns mit einem Quittenbaum beschenkt, der wegen seiner prächtigen, weithin leuchtenden, scharlachroten Blüten ganz besonders beliebt ist; es hat uns aber auch die Deutzien, die Kerrien mit ihren schönen, goldgelben Blüten, die als Topfpflanze geschätzte Kamelie und mehrere herrliche Lilien geliefert, wie wir ihm denn auch die bei uns an geschützten Stellen im Freien gedeihende Paulownia imperialis und den eigenartig belaubten Ginkgobaum verdanken. Zahlreiche Pflanzen, die bei uns heute zu gern gesehenen Ziergewächsen geworden sind, gehören beiden Ländern an, so verschiedene Azaleen- und Rhododendronarten, Magnolien, Spiräen und Weigelien, die im ersten Frühlinge lange vor der Entfaltung der Blätter blühende Forsythia, der schön belaubte Götterbaum (Ailanthus glandulosa), die echte Cryptomerie, der unserer Robinia ähnliche Schnurstrauch (Sophara), in einer Form als Trauersophara mit hängenden Ästen kultiviert und der morgenländische Lebensbaum, der auch in einer goldfarbigen Varietät vorkommt.

Selbst das sonst so übelberüchtigte Sibirien hat uns Angehörige seiner Flora gespendet, vor allem Ziersträucher, von denen beispielsweise die tartarische Heckenkirsche (Lonicera tartarica), verschiedene Spiräen, der Erbsenstrauch (Caragana arborescens) und der silberweiße Salzstrauch (Halimodendron argenteum) in fast allen Parkanlagen zu finden sind. Von Bäumen wären mehrere Apfelbaumarten (Prunus prunifolia und baccata), die sibirische Lärche und Edeltanne, von sonstigen Ziergewächsen vielleicht noch das Altai-Stiefmütterchen zu nennen. Übrigens haben uns auch noch andere Teile Asiens mit Ziergewächsen bedacht. So haben wir aus Nepal ein Fingerkraut mit schwarzpurpurnen Blüten (Potentilla atrosanguinea), aus Persien den roten Fuchsschwanz (Amarantus caudatus), den großblättrigen Faulbaum (Rhamnus grandifolia) und die Trauerweide, aus Kleinasien die pontische Alpenrose erhalten, während uns Java und Ceylon die Tuberose geliefert haben. An den Ufern des Ganges hat der bewegliche Süßklee (Desmodium gyrans)

Digitized by Google

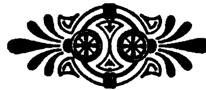
seine Heimat, der 1775 in die Treibhäuser Europas eingeführt wurde, jener Wunderstrauch, von dem durch die indische Poesie, durch die Mahâbhârata und Bhagavad-Ghitâ wie aus Wundern von 1001 Nacht berichtet wurde, daß er ohne Ruh und Rast dazu verdammt sei, seine Blätter im Kreise zu drehen, bis sie sterben. „Das kleine Gebüsch hat seine Blättlein in der heiligen Dreizahl beisammen stehen, so wie bei dem Klee, ein großes mittleres und zwei kleinere zur Seite. Letztere drehen sich, auch dem flüchtigen Blicke sichtbar, rastlos im Kreise. Sie schwingen auf und schwingen nieder, einmal in je $1^1/_2$ Minuten. Aber ihr Leben erwacht nur dann, wenn es warm ist. Schon bei 21° C. sind sie tot und regungslos. Warum dies nur in der Wärme geschieht? — Wir wissen es nicht. Warum sich die Pflanze so Kühlung zufächelt? — Es ist ein Rätsel. Warum nur die Seitenblättchen schwingen? — Niemand weiß es zu sagen. Wir können hier vorläufig nur sehen, bewundern und es bezeugen, daß auch die Pflanze lebt und sich bewegt. Nur soviel wissen wir noch, daß ihr Leben in der ersten Jugend intensiver ist. Die ersten Keimblättchen der Pflanze sind in unstillbarer Bewegung; rastlos, Tag und Nacht schnellen sie auf und nieder. Erst das Alter macht sie zahm und stiller, — so wie uns auch (Francé)." Nicht vergessen werden dürfen als Pflanzen asiatischen Ursprungs noch die Coleusarten, Pflanzen, die in der Teppichgärtnerei ihrer rotvioletten und purpurnen Blätter wegen vielfach verwendet werden.

Zum Schlusse unseres Aufsatzes mögen noch zwei Pflanzenfamilien erwähnt werden, die für den Pflanzenzüchter wie den Pflanzenfreund von gleich hervorragender Bedeutung sind, die Palmen nämlich und die Orchideen. Beide Familien haben uns eine beträchtliche Zahl von Ziergewächsen geliefert, leider aber ist ihre Kultur bei uns nur im Zimmer resp. im Treibhaus möglich, da die hier in Betracht kommenden Arten fast durchweg dem Tropengürtel, zum mindesten den wärmeren Gegenden der verschiedenen Erdteile angehören. Zeichnen sich die Palmen durch prachtvollen Blätterschmuck aus, der sie für Dekorationszwecke besonders geeignet macht, so erregen die Orchideen unsere Aufmerksamkeit vor allem durch die höchst sonderbaren Formen ihrer Blüten. Was die Phantasie nur Abenteuerliches erdenken kann, ist in diesen Blüten nachgeahmt, und gerade durch diese Eigenart sind die Orchideen in neuerer Zeit zu beliebten Modepflanzen geworden, die allerdings wegen ihrer meist schwierigen Kultur im Preise ziemlich hoch stehen.

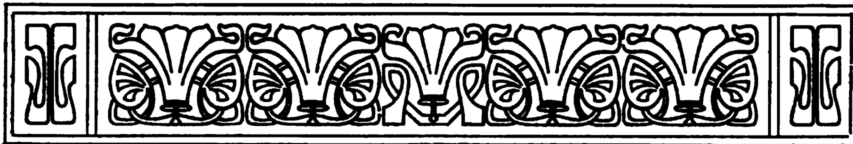
Selbstverständlich ist mit den im Rahmen dieser Arbeit aufgeführten Zierpflanzen die Zahl derjenigen, die aus anderen Erdteilen bei uns eingeführt sind, noch keineswegs erschöpft. Eins aber dürfte doch zur Genüge dabei zu Tage getreten sein, daß alle Gegenden der Erde beige-

Digitized by Google

steuert haben, die Gebirge Perus wie die Sümpfe von Virginien, das heiße Afrika neben dem unwirtlichen Sibirien, das jugendliche Ozeanien und das alte China und Japan. Alle diese Quellen aber sind noch längstens nicht erschöpft, vielmehr werden fortgesetzt neue erschlossen, so daß der gärtnerischen Tätigkeit für unabsehbare Zeiten ein reiches Arbeitsfeld geöffnet bleibt, nicht bloß zur Freude der Pflanzenzüchter, sondern auch zur Freude aller derer, denen nach anstrengender Berufsarbeit die Pflege der Blumen im Garten oder im Zimmer, ein Spaziergang durch unsere Parkanlagen mit ihren herrlichen Ziergewächsen aller Art Erholung und Genuß in gleichem Maße gewährt.



Digitized by Google



Wechselseitige Verstärkung erdmagnetischer Störungsfelder und vorbeiziehender Störungswirbel solaren Ursprungs.

Von **Wilhelm Krebs** in Großflottbek.

Auch in der Wissenschaft ist manchmal die Göthesche Langeweile die Mutter der Musen. Daß Gelehrte Monate hindurch einen Registrier-Apparat ersetzen, ist wohl nur auf einer Polarexpedition möglich. Dieses entsagungsvolle Handeln wird aber zur wissenschaftlichen Großtat, wenn es, durch glückliche Fügung, zur rechten Zeit an rechter Stelle geschieht.

Eine solche Großtat ist der Ziegler-Polar-Expedition zugefallen, die unter der Führung Anthony Fialas von 1903 bis 1905 die Inseln des Franz-Josef-Landes bereiste. Eine magnetische Station wurde von ihr vom 28. September 1903 bis 1. Juli 1904 in Teplitzbai, auf der Rudolph-Insel unterhalten. Mit 82 Grad nördlicher Breite, 58 Grad östlicher Länge ist diese Insel der nordöstlichste Landfleck Europas. Während jener neun Monate beobachteten sechs Mitglieder abwechselnd nach einem von dem bekannten amerikanischen Erdmagnetiker Dr. L. A. Bauers aufgestellten Programm. Doppelbeobachtungen der Magnetnadel fanden alle zwei Minuten statt. Diese Beobachtungen wurden an sechs Wochentagen über vier Stunden, am Mittwoch jeder Woche über alle 24 Stunden durchgeführt. Sie reichten aus, um für diese Stundenreihen Kurven der magnetischen Deklination zu entwerfen, die vergleichbar sind mit den Deklinationskurven der Registrierapparate in den Variationshäusern.

Jene Ultima Thule war der rechte Ort. Der Boden der Station bestand aus Basalt mit starkem Gehalt an Magneteisen. Dazu trat das

Glück der rechten Zeit. Der Schlußteil der stärksten magnetischen Störung der letzten Jahre entfiel in eine der Beobachtungsreihen. Am 1. November 1903 wurde er beobachtet. Leider war dieser Sonntag einer der Vierstundentage. Doch wurde der ungemein interessanten Störung wegen die Beobachtungszeit verdoppelt. Beobachter waren die Herren W. J. Peters und R. R. Tafel. Das Ergebnis war vor allem eine Bestätigung der von mir aus theoretischen Gründen verfochtenen Meinung, daß eine magnetische Störung, die in ein selbst schon kräftiges magnetisches Feld der Erdkruste einfällt, bedeutende Verstärkung erfährt.

Die Ziegler-Polar-Expedition, die wegen der früheren italienischen Beobachtungen ihre Observatorien gerade an der Teplitzbai, im Westen der kleinen Insel, einzurichten hatte, konnte eine störungsfreie Stelle überhaupt nicht finden. Die eisfreien Bodenstellen, unter denen nicht viel Wahl möglich war, wiesen Anziehungskräfte auf die Magnetnadel von 40′ bis 2° auf. Dies zur genaueren Kennzeichnung des örtlichen magnetischen Feldes. Die einfallende Störung hatte nach anderen europäischen Beobachtungen, besonders nach den mir bis März 1908 vollständig vorliegenden Deklinationskurven der Westfälischen Berggewerkschaftskasse zu Bochum, am Abend des 30. Oktober 1903 begonnen und während des 31. Oktober ihre Hauptphase aufgewiesen.

An Teplitzbai gelangte nur der Endteil zur Beobachtung, der an den erdmagnetischen Warten Mittel- und Westeuropas ein Ausmaß von etwa 1° erkennen ließ. Das Gesamtausmaß dieses Teiles der Störung in Teplitzbai erreichte nicht weniger als 18°. Die stärksten Ausschläge nach Osten und nach Westen, die sich nach etwa $3^1/_2$ Beobachtungsstunden einstellten, ließen sich allerdings auf den mitteleuropäischen Deklinationskurven nicht wiederfinden. Dafür konnten, durch gleichmäßige Zeitabstände, beiderseits nicht weniger als 10 vorhergehende Zacken, und zwar die ausgeprägtesten, identifiziert werden. In Potsdam und Bochum lagen sie ungefähr gleichzeitig, in Teplitzbai dagegen um 35 bis 48, durchschnittlich um 40 Zeit-Minuten früher. Sie ließen hier ein Gesamtausmaß von 7°, in Mitteleuropa von etwa 1° erkennen. Durch die örtliche Störung, normal von 40′, wurde demnach die zu jener Zeit einfallende zeitliche Störung in Teplitzbai zum mindesten versiebenfacht.

Abb. 1 bringt die nach den Tabellen des wissenschaftlichen Berichtes entworfene Kurve der Störung für sechs Stunden zur Darstellung. Nach Greenwich-Zeit abgeteilt, entfallen diese zum Teil noch auf den 31. Oktober 1903. Die beiden unteren Kurven bringen genau im gleichen Maßstabe die gleichzeitigen Störungen der magnetischen Deklination auf den Observatorien zu Potsdam (P) und zu Bochum (B).

Digitized by Google

Der gewaltige Unterschied der Ausschläge an der arktischen Station, gegenüber den um etwa 40 Minuten nachfolgenden mitteleuropäischen, tritt augenfällig entgegen. An der arktischen Lage der Teplitzbai kann er nicht liegen. Denn die nicht viel weiter von dem magnetischen Nordpol entfernte kanadische Station zu Agincourt bei Toronto pflegt Ausschläge von der Größenordnung der mitteleuropäischen Schwankungen aufzuweisen. So bleibt als mögliche Ursache nur der dargelegte Einfluß örtlicher Induktion.

Dieser, damit nachgewiesene Einfluß muß eine besonders starke Wirksamkeit entfalten an Stellen der Erde, die noch stärker magnetisch sind als der Boden von Teplitzbai. Solche Stellen sind bekannt an der Ostküste Schwedens, im anschließenden finnischen Schärengebiet und von diesem aus quer über den Finnischen Meerbusen, besonders noch bei den russischen Inseln Wormsö und Dagö.

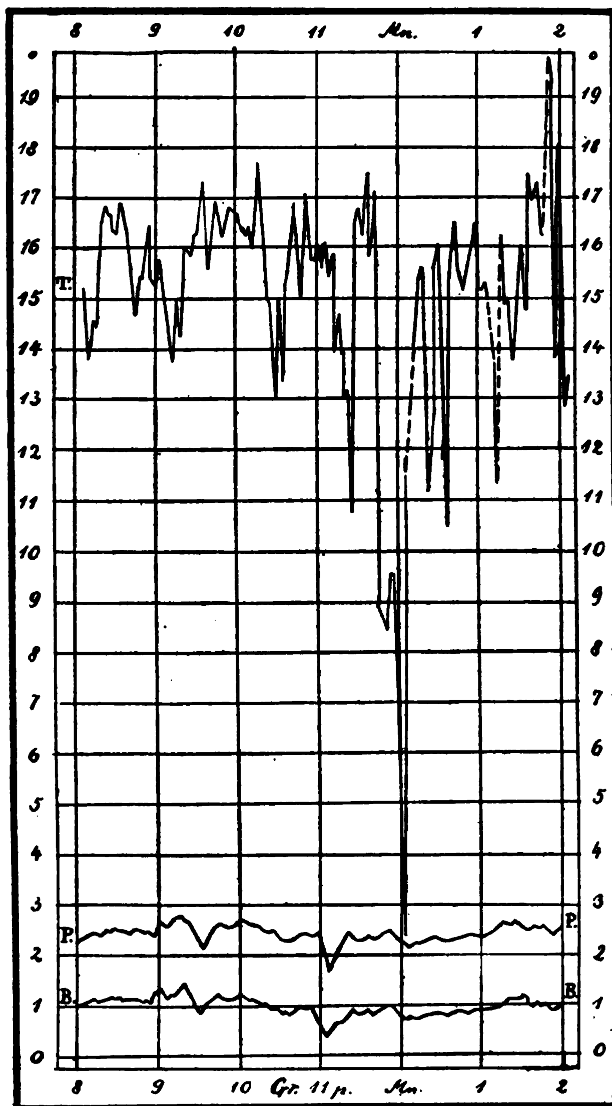


Fig. 1.
Gleichzeitige Störungen der magnetischen Deklination zu Teplitzbai (T.), Potsdam (P.) und Bochum (B.) in der Nacht vom 31. Oktober zum 1. November 1903.

Bekannt sind sie durch die Gefährdung der nach dem Kompaß steuernden Schiffahrt. Besonders berüchtigt war schon vor Jahrhunderten die Meeresnachbarschaft der Insel Jussarö im finnischen Schärengebiet, 36 Kilometer östlich Hangö mit der gleichnamigen Hafenstadt an der Südwestecke Finnlands. Etwa $1^1/_2$ Kilometer südöstlich jener Insel, die selbst reich an Magneteisen ist, wurden von dem finnischen Physiker A. F. Tigerstedt Riffe dieses Erzes im flachen Meeresgrunde festgestellt, welche in neuerer Zeit sogar einen unterseeischen Bergbau veranlaßten.

Ähnliche Verhältnisse dürften nahe dem Meeresgestade des schwedischen Seegebietes und besonders noch im Umkreise Bornholms nach-

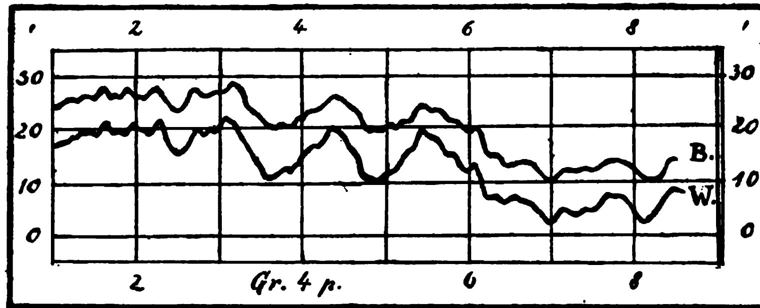


Fig. 2.
Gleichzeitige Störungen der magnetischen Deklination zu Wilhelmshaven (W.) und Bochum (B.) am 19. Februar 1906.

zuweisen sein. Auf dieser Insel trifft nach Paulsen starker Gehalt des landfesten Bodens an magnetischem Eisen mit magnetischen Störungsfeldern in der Flachsee zusammen.

Bei Jussarö ist an mehreren Stellen eine vollkommene Umkehrung der Magnetnadel beobachtet. Bei Häveringe, vor der Einfahrt zu dem Oxelösund und dem Hafen von Norrköping, ist den Seeleuten eine Stelle bekannt, wo die Magnetnadel ähnlich umzuschlagen pflegt. An der Ostküste Bornholms wird die Nadel um 2 Grad, an der Westküste um 4 Grad nach der Insel hin abgelenkt.

Wenn über diese stationären Störungsgebiete des Erdmagnetismus und über andere, weniger bekannte an der schwedischen und finnischen Küste zeitlich wechselnde Störungswirbel dahinstreichen, dann darf auf eine erhebliche Verstärkung der Störung und zugleich

Digitized by Google

auf eine entsprechende Ausdehnung ihres räumlichen Bereichs gerechnet werden.

Auch eine Verstärkung der zeitlichen Störungen des Erdmagnetismus, nach Überschreiten eines stationären Störungsgebietes, erscheint nicht undenkbar. Jedenfalls war an einer zeitlichen Störung, die am Abend des 15. November 1905 einfiel und mit der Entwicklung starker elektrischer Erdströme in der Umgegend Stockholms verbunden war, eine Umformnng westlich des Meridians von Stockholm festzustellen, die zugleich auf eine Verstärkung hinauskam. Die Deklinationskurve des magnetischen Observatoriums von Pawlowsk bei St. Petersburg wies über eine Stunde lang eine nur wenig schwankende Ablenkung nach Westen auf. An deren Stelle setzte sich bei Potsdam und bei Kew-Richmond nahe London übereinstimmend eine ungemein scharfe, in wenigen Minuten sich vollziehende West- und Ostbewegung. Im Verhältnis zu der Empfindlichkeit der magnetischen Variations-Instrumente war der Ausschlag westlich Stockholm mehr als doppelt so groß wie der östlich. Die beweisenden Abbildungen sind auf Seite 311 des Jahrganges 7 der Physikalischen Zeitschrift meinem „Rechnerischen Nachweis eines Einflusses der Sonnentätigkeit auf die erdmagnetischen Störungen vom November 1905" beigefügt.

Dieser Nachweis, der in rein astronomischer Fassung auch in Nr. 4088 der Astronomischen Nachrichten wiedergegeben wurde, kam darauf hinaus, daß die Bewegung der erdmagnetischen Störungsfelder von der gleichen Richtung und Größenordnung war wie die Bewegung der anscheinend beteiligten Sonnenfleckengruppen. Das war also für den 12. und den 15. November 1905 nachgewiesen worden.

Dieser Nachweis konnte in Nr. 4204 der „Astronomischen Nachrichten" insofern noch verschärft werden, als ich mich vorher zu seinem Nachteile verrechnet hatte. Es durfte ihm der gleiche Nachweis für die größte Störung des Erdmagnetismus im Jahre 1907, vom 9./10. Februar, sogleich hinzugefügt werden, besonders dann von schärfster Übereinstimmung, wenn der Zugstraße des Störungsfeldes vom 9./10. Februar 1907 eine etwas südlichere Lage beigemessen wurde als der vom November 1905. Von großer Wichtigkeit erscheint in dieser Beziehung, daß nach Franz die Störung der Telegraphie durch Erdströme sich damals hauptsächlich auf die Anschlüsse des Azorenkabels beschränkte, während die Störungen im November 1905 besonders schwedische Linien betroffen hatten. Ob einige Strandungen, von denen das Bureau Veritas aus jenen Februartagen 1907 berichtete, mit Kursirrungen infolge der Störung zusammenhingen, konnte leider nicht entschieden werden, da die mitgeteilten Einzelheiten allzu ungenau sind. Jedenfalls erscheint eine dieser Stran-

Digitized by Google

dungen, die unter dem 13. Februar 1907 aus Karlshamn gemeldet ist, sehr verdächtig. Es ist die Strandung des schwedischen Dampfers „Helge“.

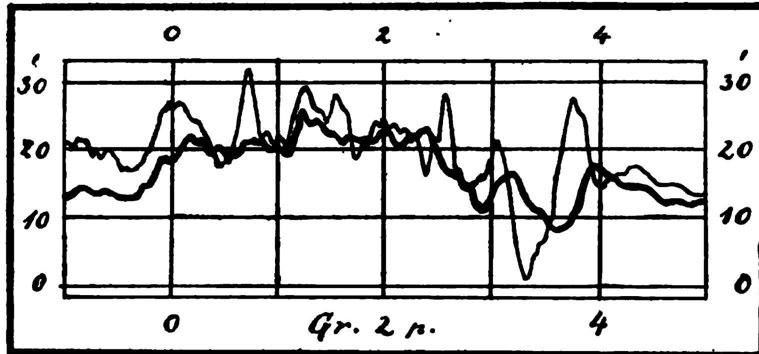


Fig. 3.
Gleichzeitige Störungen der erdmagnetischen Deklination am 30. September 1907.
——— zu Pawlowsk,
▬▬▬ zu Bochum.

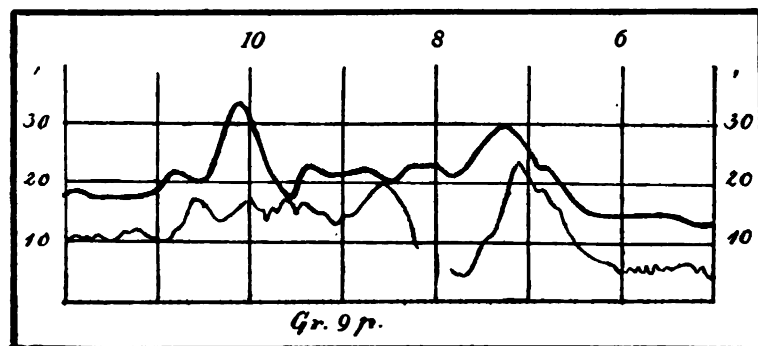


Fig. 4.
Gleichzeitige Störungen der erdmagnetischen Deklination am 22. Oktober 1907
——— zu Pawlowsk,
▬▬▬ zu Bochum.

Karlshamn liegt unweit Hanö, der Insel, nach der die nördlich von Bornholm gelegene Bucht der Ostsee genannt wird. Bei Hanö aber war am 19. Februar 1906 in dichtem Nebel der Hamburger Dampfer

Digitized by Google

„Westphalia" aus dem Kurs geraten und hatte an der Ostseite der kleinen Insel seinen Untergang gefunden. Am 19. und 20. Februar wies die magnetische Deklination Störungen auf, von denen Abb. 2 charakteristische, auf gleiche Greenwichzeit reduzierte Partien von den Aufzeichnungen zu Wilhelmshaven und zu Bochum bringt. Die genaue Ausmessung der Originalkurven läßt nach 11 Uhr 35 Min. vom Abend des

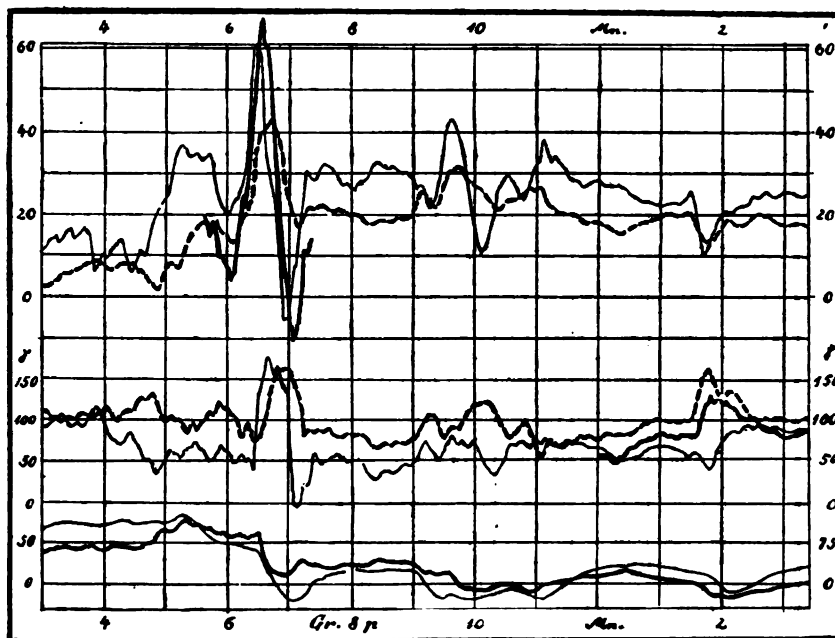


Fig. 5.

Gleichzeitige Störungen der erdmagnetischen Elemente vom 10. zum 11. September 1907.

Oben Deklination, in der mittleren Reihe Horizontalintensität, unten Vertikalintensität, ———— Pawlowsk, ━━━━ Potsdam, ………… Kew-Richmond.

Bei der Vertikalintensität gilt die Skala der γ links für Potsdam, rechts für Pawlowsk.

18. Februar an eine deutliche Verspätung der westlicheren, Bochumer, Zacken erkennen, obgleich beide Stationen nur 0,9 Grad Unterschied der geographischen Länge besitzen.

Einen schärferen Nachweis für die Fortbewegung erdmagnetischer Störungen gestatteten wieder drei Fälle im Herbst 1907, da für ihre Untersuchung auch die Registrierungen des russischen Observatoriums

Digitized by Google

zu Pawlowsk bei St. Petersburg in außerordentlich dankenswerter Weise zur Verfügung standen.

Der eine dieser neuen Fälle ereignete sich ebenfalls bei Bornholm. Am 22. Oktober 1907 geriet der russische Auswandererdampfer „Lituania" gegenüber dieser Insel und am Südeingange der Hanöbucht, bei Skillinge an der schwedischen Küste, auf den Strand. Der Grund war wieder eine Kursirrung bei unsichtigem Wetter. Das Gleiche war am 30. September 1907 mit dem deutschen Dampfer „Boston" bei Langwikskär, vor

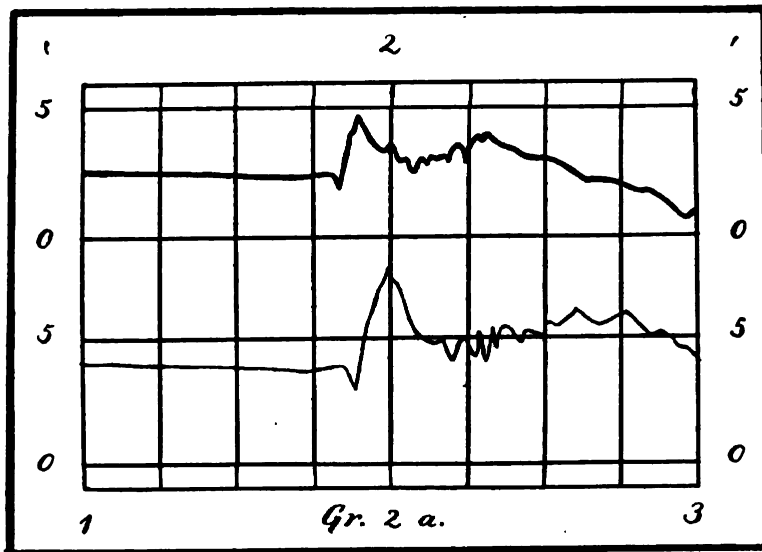


Fig. 6.
Anheben der Störung der magnetischen Deklination am 10. September 1907
——————— zu Pawlowsk,
▬▬▬▬▬▬ zu Potsdam.

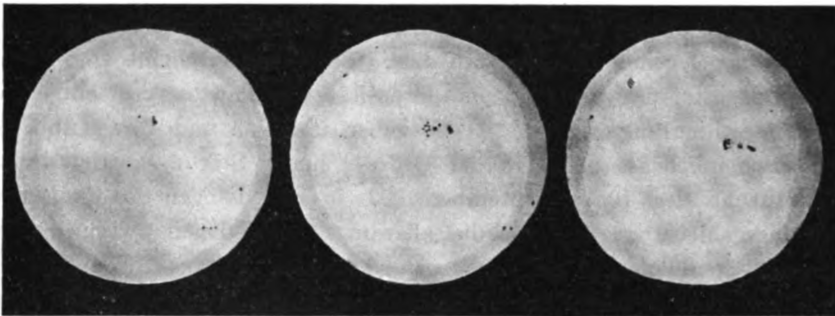
der Einfahrt nach Stockholm, geschehen. Auch hier lag, infolge mehrtägiger Ruhe der Atmosphäre über dem Ostseegebiet, Anlaß zu einer Versetzung durch Windströme in diesem fast gezeitenlosen Binnenmeere nicht vor.

Das Rätsel jener Kursirrungen löste wieder ein Vergleich der erdmagnetischen Kurven. Charakteristische Stücke der Deklinationskurven von Pawlowsk und Bochum bringt Abb. 3 für den 22. Oktober, Abb. 4 für den 30. September 1907. Die Zeitskalen sind wieder auf mittlere Greenwichzeit reduziert. Aus den Abbildungen ist deutlich die Ver-

Digitized by Google

spätung der meisten und auffallendsten Zacken über Bochum, also nach westlicher Richtung hin, ersichtlich. Aus ihr folgt ohne weiteres die Bewegung des Störungswirbels nach dieser Richtung, also auch über die Ostsee, mit allen Konsequenzen der Induktion in den dortigen stationären Störungsgebieten.

Außerordentlich packend tritt uns das gleiche Verhalten aber an den oberen Kurven der Abb. 5 entgegen. Auf ihr sind durchgängig drei Kurvenpaare vom 10./11. September 1907 in die Zeitskala nach mittlerer Greenwichzeit eingetragen. Oben sind es die Deklinationskurven von Pawlowsk in Rußland und Kew in England, in der Mitte die Kurven



1907 Sept. 11. $11^{h}40^{m}_{a}$ Gr. Z. Sept. 12. $11^{h}20^{m}_{a}$ Gr. Z. Sept. 13. $11^{h}20^{m}_{a}$ Gr. Z.

Fig. 7.
Rasche Entwicklung einer Sonnenflecken-Gruppe bis zur Sichtbarkeit für schärfere, aber teleskopisch unbewaffnete Augen, nach dem 11. September 1907. Die drei Sonnenbilder sind senkrecht zur Ekliptikebene orientiert, N unten, E links. Der Hauptfleck läßt antizyklonale Rotation erkennen.

der Horizontalintensität zu Pawlowsk und Kew, unten die der Vertikalintensität von Pawlowsk und Potsdam.

Besonders deutlich lassen die Kurven der Deklination und der Horizontalintensität die Verspätung nach Westen hin an den stärksten Schwankungen, zwischen 6 und 7 Uhr am Abend des 10. September 1907, hervortreten. Zu den Deklinationskurven von Pawlowsk und Kew ist hier noch das Stück der Potsdamer Deklinationskurven hinzugefügt. Mit aller wünschenswerten Schärfe läßt es die der mittleren geographischen Lage entsprechende mittlere Zeitlage erkennen.

Auch der Vergleich der russischen und der englischen Schwankungen der Horizontalintensität stellt in diesem ersten Zeitabschnitt die Verspätung der letztern außer Zweifel.

Digitized by Google

Gegen 11 Uhr Abends ändert sich aber bei beiden Kurvenpaaren das Bild. Die Schwankungen verlaufen gleichzeitig und werden zugleich ruhiger. Besonders deutlich tritt dieses Verhalten an einer größeren Schwankung, zwischen 1 und 2 Uhr am Morgen des 11. September, entgegen. Durch ihre Gleichzeitigkeit, vielleicht sogar Rückläufigkeit, erinnert sie an den ersten Auftakt der ganzen Störung kurz vor 2 Uhr am Morgen des 10. September (Abb. 6). Sie unterscheidet sich von den dort folgenden Zacken aber deutlich durch den erwähnten sanfteren Verlauf der Schwankungen.

In einer neueren Arbeit über das Vektorenazimut beim Beginn magnetischer Störungen hält Brückmann jene Zacken für unmittelbare Folgen einer im nordwestlichen Quadranten, diese Schwankungen für unmittelbare Folgen einer im nordöstlichen Quadranten mitteleuropäischer Stationen gelegenen Ursache. In dieser Beziehung erscheint vom höchsten Interesse, daß die Horizontalintensität von Pawlowsk in entgegengesetzter Richtuug schwankte gegenüber Potsdam und Kew (Abb. 5). Augenscheinlich ist demnach der Ort des neuen Störungsantriebes um Mitternacht des 10./11. September 1907 in den Längen des finnischen Störungsgebietes zu suchen, die allerdings auch denen zwischen dem magnetischen Pole der Erde sehr nahe kommen.

Daß diese mitternächtigen Schwankungen des Erdmagnetismus vom 10. zum 11. September nicht in eine Reihe mit denen während der Tages- und Abendstunden des 10. September gestellt werden dürfen, geht aus dem Verhalten der Vertikalintensität hervor. Diese folgte trotz ihrer stumpfen, durch örtliche Störungen vielfach verwischten Weise zunächst ziemlich deutlich den Deklinationsschwankungen. Nach Mitternacht des 10./11. September wies sie aber den gerade entgegengesetzten Verlauf auf, ebenso wie bei Pawlowsk die Horizontalintensität.

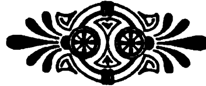
Von größter Bedeutung erscheint in dieser Beziehung, daß die einfachste und regelmäßigste Kontrolle der Sonnentätigkeit, die an den Sonnenflecken möglich ist, während dieser Septembertage den Nachweis einer unzweifelhaft großen Steigerung dieser Sonnentätigkeit in mittleren Längen der der Erde zugekehrten Sonnenseite gestattete. Abb. 7 bringt drei meiner graphischen Registrierungen vom 11., 12. und 13. September 1907. Sie lassen das rasche Wachstum einer Fleckengruppe erkennen und überdies eine Wirbelbewegung in dem auch sonst beobachteten antizyklonalen Sinne ihrer vorderen, westlichen Partie. Diese Vorgänge waren eigen einer Stelle der Sonnenoberfläche, die vom 10. zum 11. September 1907 den Mittelmeridian der scheinbaren Sonnenscheibe passiert hatte.

Die Schwankungen des europäischen Erdmagnetismus um Mitternacht dieser Tageswende widersprechen dem sonst beobachteten Marsche

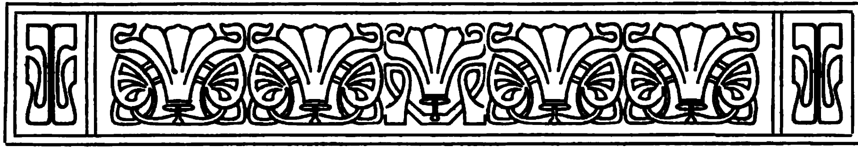
Digitized by Google

der vortägigen Störung nur scheinbar. Sie sind ihr als neue Antriebe aufgesetzt. Sie sprechen ferner auch für eine durch diese Antriebe besonders starke Aktivität des finnischen Störungsgebietes.

In dem Bereiche dieses Störungsgebietes, dessen Unregelmäßigkeiten noch überdies durch die passierenden Störungswirbel verstärkt wurden, fand aber am 11. September die Strandung der russischen Kaiserjacht „Standard“ statt. Die rätselhaften Umstände dieser Strandung sind durch das schon einmal abgeänderte Urteil des russischen Seegerichtshofes ,noch keineswegs geklärt. Nach den dargelegten Vorgängen im Ostseegebiet liegt es außerordentlich nahe, auch eine Kursirrung infolge magnetischer Störungen in Betracht zu ziehen.



Digitized by Google



Betrachtungen über die Schiefe der Ekliptik.

Von **Otto Meißner** in Potsdam.

Es ist bekannt, daß die Umdrehungsachse der Erde um etwa $23^1/_2{}^0$ von der Senkrechten auf der Erdbahn abweicht. Diesen, im Laufe der Jahrhunderte langsamen, geringen, periodischen Schwankungen unterworfenen Winkel nennt man die Schiefe der Ekliptik. Durch sie wird der Wechsel der Jahreszeiten hervorgerufen.

Bei einer (erheblicheren) Zunahme der Schiefe der Ekliptik müssen sich — bei im übrigen gleichbleibenden Verhältnissen — die Gegensätze der Jahreszeiten verschärfen, umgekehrt bei ihrer Abnahme verringern. Dagegen ist es nicht so leicht zu übersehen, wie eine derartige Änderung auf die absoluten Werte der Mitteltemperaturen wirken würde, also auch z. B. auf die Temperaturunterschiede zwischen Äquatorial- und Polargegenden.

Es ist vielleicht nicht uninteressant, diese Frage einmal etwas genauer zu studieren. Wir wollen 3 Fälle ins Auge fassen: einen Winkel von 0°, von 45° und von 90°.

I. Schiefe der Ekliptik = 0°. In diesem Falle findet überhaupt kein Wechsel der Jahreszeiten statt. Bezeichnet man auch in diesem gedachten Falle als tropische Zone diejenige, innerhalb welcher die Sonne mittags im Zenit stehen kann, als Polarzone die, in der mindestens einmal im Jahre die Sonne auch mittags nicht über den Horizont kommt (oder $^1/_2$ Jahr später auch mitternachts nicht untergeht), die dazwischenliegende Region als gemäßigte Zone, so umfaßt die letztgenannte in unserm Falle die ganze Erde; die tropische Zone fällt mit dem Gleicher zusammen, die Polarzonen mit den beiden Polen, an denen übrigens wegen der Strahlenbrechung die Sonne ständig, mit ihrem unteren Rande etwas ($^1/_4{}^0$) über dem Horizonte stehend, sichtbar wäre und Tag für Tag in gleicher Höhe einmal den Himmel umkreiste. (Dabei ist angenommen, daß die Pole in der Höhe

Digitized by Google

des Meeresspiegels lägen; andernfalls fände der Kreislauf in größerer Höhe über dem Horizonte, doch stets parallel mit diesem, statt.) Die Pole hätten also ewigen Tag, wie dies tatsächlich bei einigen Mondbergen in der Nähe seiner Pole der Fall ist, da die Achse des Mondes auf seiner Bahn um die Erde fast senkrecht steht (nur um 3° abweichend). Dieser „ewige Tag“ würde wegen der Refraktion bis (mindestens) zum Breitengrade 89¼ reichen, woselbst um Mitternacht gerade noch der obere Rand der Sonne sichtbar wäre; wahrscheinlich sogar noch etwas weiter äquatorwärts, da in den Polargegenden infolge der sehr tiefen Lufttemperatur die Strahlenbrechung oft viel größer ist als in unseren Breiten am Horizonte (½°). Die Fixsterne 1. Größe werden für das bloße Auge (nach Mohn) erst sichtbar, wenn die Sonne um 4° unter den Horizont gesunken ist. Polwärts von 86° wären in unserem Falle also die Sterne niemals sichtbar, und von Planeten nur Venus und allenfalls Jupiter und gelegentlich Merkur. — Erst wenn die Sonne um (ungefähr) 15° unter dem Horizonte sich befindet, erscheinen die Sterne 6. Größe und die „astronomische“ Dämmerung ist vorüber. Die Gegenden polwärts von 75° hätten demnach ständige „Mitternachtsdämmerung“.

Bei Abwesenheit einer Lufthülle würden außer den Polen alle Punkte der Erde je 12 Stunden Tag und Nacht haben. Wegen der Refraktion indes betrüge die Zeit, in der die Sonne über dem Horizonte stände, an den Polen, wie schon bemerkt, 24 Stunden; von da ab (bzw. von 89¼° ab) würde sie, erst schnell, dann immer langsamer bis zum Äquator abnehmen, wo sie 12 Stunden und 5 Minuten betragen würde. Unter einer Breite von 50° würde sie 2—3 Minuten länger sein, also recht unbedeutend.

Über die klimatischen Wirkungen einer derartigen Stellung der Erdachse kann man natürlich nur mehr oder minder plausible Vermutungen anstellen. A. R. Wallace, der*), mitunter ein wenig plump, alles teleologisch und theologisch erklären möchte, meint, daß in diesem Falle die Pole viel stärker vereist sein würden als in Wirklichkeit, am Äquator aber größere Hitze herrschen würde, während in unseren Breiten ständige heftige nördliche Winde ein recht rauhes Klima erzeugen müßten. Doch darf man diese Folgerungen billig bezweifeln, denn es bestehen ja doch auch tatsächlich bei uns im Winter sehr starke Temperaturgegensätze auf relativ kurzen Strecken, ohne deshalb ständig Stürme zu erzeugen. Ferner ist zu bedenken, daß eine stärkere Vereisung eine ähnliche Luftdruckanordnung auch

*) In einem sonst recht interessanten Buche „Des Menschen Stellung im Weltall“ (Vita, Berlin).

Digitized by Google

auf der Nordhalbkugel erzeugen würde wie jetzt auf der südlichen. Dort wehen aber keineswegs nur Polarwinde, sondern vielmehr umkreist die Luft in Spiralen das antarktische barometrische Maximum. Es ist aber überhaupt fraglich, ob tatsächlich eine stärkere Eisansammlung an den Polen stattfinden würde, da ja die Sonne niemals unterginge und die ganze Atmosphäre der Polargegenden somit ständig durchwärmt bliebe*). Die Luft könnte dann mehr Wasserdampf aufnehmen als jetzt; es würde wohl zu starker Wolkenbildung kommen, und diese wieder würde die Ausstrahlung stark herabsetzen. Dann würde die Temperatur der Polargegenden aber möglicherweise stets nur wenige Grade unterhalb des Gefrierpunktes liegen, also höher sein als jetzt. Unser Klima würde lediglich von den Zugstraßen der Depressionen abhängen: zögen die Minima nördlich von uns vorbei, so hätten wir vermutlich häufig — oder ständig — warmes, trübes Wetter mit Südwestwinden, etwa wie im Oktober und April. Die Flora unserer Gegenden würde dann — entsprechend der jetzigen südchilenischen, wo analoges Klima herrscht — viele regenliebende, immergrüne Gewächse aufweisen; Wein freilich würde schwerlich fortkommen.

Die Gegenden äquatorwärts von 30° Breite dürften im Mittel die heutigen Klimaverhältnisse zeigen, nur gleichmäßig das ganze Jahr hindurch.

II. Schiefe der Ekliptik = 45°. Wir wollen uns im Geiste die Schiefe der Ekliptik ständig zunehmend denken. Dann werden die Polarzonen und die Tropenzone auf Kosten der gemäßigten Zonen immer breiter. Bei einer Neigung von 45° verschwinden letztere völlig. Diesen Fall wollen wir nunmehr etwas genauer betrachten.

Am Äquator sind natürlich wie immer Tag und Nacht stets gleich lang (von den paar Minuten abgesehen, um die der Tag durch die Refraktion verlängert wird).

Aber zu Beginn des „Nordsommers" geht die Sonne im Nordosten auf, steht mittags 45° über dem Nordpunkte und geht im Nordwesten wieder unter. Entsprechend zu Beginn des „Südsommers" oder „Nordwinters". Die Äquatorialgegenden werden demnach zwei kühle Jahreszeiten (nach den Solstitien) und zwei heiße (nach den Aquinoktien) haben.

---

*) Die Schmelzprozesse, die sich in den Polargegenden des Mars im Laufe des dortigen Sommers abspielen, zeigen — welcher Natur sie auch sein mögen — in eklatanter Weise den großen Einfluß geringer, aber ständiger Bestrahlung. (Das Marsjahr ist fast doppelt so lang als das Erdenjahr.)

Digitized by Google

Wie liegen die Verhältnisse für den 45. Breitengrad, wo sich Tropen- und Polarzone berühren? — Im Sommer, genauer gesagt, am längsten Tage, steht dort die Sonne um Mittag im Zenit, um Mitternacht im Nordpunkte des Horizontes. Das muß eine Temperatur erzeugen, gegen die unsere Tropenhitze mit Maximis von 40° bis 45° Celsius als angenehm kühl erscheinen dürfte. Ein Halbjahr darauf zeigt sich die Sonne nur so eben um Mittag noch im Südpunkte des Horizontes, und fast 23 Stunden lang ist tiefe Nacht.

Endlich an den Polen! Dort sind die Beleuchtungsverhältnisse noch viel extremer. Zu Sommersanfang steht die Sonne halbwegs zwischen Horizont und Zenit, um sich dann langsam, wie sie hinaufgestiegen, wieder abwärts zu schrauben. Dafür im Winter entsprechend lange Nacht, tiefer, viel tiefer als in Wirklichkeit an den Erdpolen, wo fast der ganze Himmel sekundäres Dämmerungslicht von mehr äquatorwärts gelegenen Teilen der Atmosphäre erhält.

Gewaltig müßten die hierdurch hervorgerufenen Temperaturschwankungen sein. Im Sommer eine mehr als tropische Hitze vom Pol bis vielleicht zum 40. oder 30. Breitengrade, wobei das Wärmemaximum vermutlich in 50°—60° Breite liegen würde, falls nicht andere klimatische Faktoren (Schneeschmelze, Wind, Eisberge) hierin eine Verschiebung herbeiführen würden. Im Winter enorme Kälte in den Polargegenden, wenn auch vielleicht nicht strenger als jetzt im mittleren Ostsibirien, dem „Kältepole" der Nordhalbkugel, oder als im Zentrum des eisbedeckten antarktischen Kontinentes, wo zweifellos der „absolute Kältepol" der Erde liegt und die Temperatur bis auf den Gefrierpunkt der Kohlensäure (— 78° C.) herabgehen mag.

Dementsprechend würde eine sehr starke und energische Luftzirkulation bestehen; auf den Ozeanen herrschte wohl anhaltend Sturm. Im Winter natürlich völlige Vereisung der Polargebiete, eine Eiszeit extremer Art. Schneestürme dürften um die Äquinoktien auch die Äquatorialgegenden heimsuchen — wie jetzt auf dem Mars. — Im Sommer würden die ständigen Sonnenstrahlen doch kaum das ganze Eis wegzuschmelzen vermögen, aber sicher einen erheblichen Teil. Gewaltige, kühle, eisbeladene Meeresströmungen würden Ende des Sommers nach Süden ziehen.

Alles in allem: sehr ungünstige Verhältnisse für die jetzigen Erdbewohner, Tiere und Pflanzen. Doch ist wohl nicht zu zweifeln, daß die Natur imstande wäre, die Lebewesen auch solchen Bedingungen anzupassen.

III. Schiefe der Ekliptik = 90°. — Lassen wir nun im Geiste die Schiefe der Ekliptik von 45° an immer weiter zunehmen, so greifen

Digitized by Google

Polar- und Tropenzone ineinander. Den Gürtel zwischen Wende- und Polarkreis wird man in diesem Falle zweckmäßig als Extremzone bezeichnen müssen; bei einer Schiefe der Ekliptik von 50° wäre es beispielsweise auf jeder Halbkugel ein 10° breiter Gürtel (40°—50°), der im Sommer ständig Tag und zweimal die Sonne im Zenit hätte, und im Winter dafür entsprechend langdauernde Nacht.

Der äußerstmögliche Grenzfall ist 90°. (In unserm Planetensysteme ist dieser Fall annähernd beim Uranus verwirklicht. Indes ist dort die erwärmende Kraft der Sonne so gering, daß dies auf die Temperaturverhältnisse des jedenfalls noch feurigflüssigen, wo nicht gar gänzlich gasförmigen Planeten keinerlei wahrnehmbaren Einfluß haben kann.)

Hier liegen nun die Verhältnisse folgendermaßen. Die von uns sogenannte „Extremzone" erstreckt sich über die ganze Erde. Am Pol steht im Sommersolstitium die Sonne den ganzen Tag über im Zenit! Unter diesen Umständen würde jedenfalls auch die größte im Winter angehäufte Schnee- und Eisdecke verschwinden und etwaiges Land auf 100°—120° Celsius erhitzt werden, die Temperatur, die ein Körper annehmen würde, der in gleicher Entfernung wie die Erde von der Sonne dieser ständig dieselbe Seite zukehrte. Ein Ozean, wie er sich in den arktischen Regionen der Erde findet, würde stark verdampfen, und die Wolkenbildung dürfte die Temperatur wesentlich herabdrücken. Starke Gewittererscheinungen wären unausbleiblich. Andererseits würde der Winter dann so streng werden, daß der Gefrierpunkt der Kohlensäure noch bedeutend nach unten hin überschritten würde. Im jeweiligen Spätfrühjahr müßten durch die intensive Schneeschmelze Wasserbewegungen großartigsten Maßstabes stattfinden.

Relativ am gleichmäßigsten wäre das „solare" Klima natürlich auch in diesem Falle wieder am Äquator, aber, von unserm Standpunkte aus, immer noch extrem genug. Schon bei einer Schiefe der Ekliptik von 45° (vielleicht schon bei 35°) würde der Sommer am Pol heißer sein als die beiden wärmsten Jahreszeiten am Gleicher (immer von sekundären Störungen abgesehen). In unserm Falle stände zu den Solstitien die Sonne im Nord- bzw. Südpunkte des Horizontes, wegen der Strahlenbrechung volle 24 Stunden hindurch! Dann würden die Stundenkreise langsam größer, die Tageslänge schrumpfte rasch auf wenig über 12 Stunden, aber immerhin wäre noch einige Wochen lang Mitternachtsdämmerung. Um diese Zeit würde die Niederschlagsform auch am Äquator sicher nur Schnee sein.

Digitized by Google

Bei so extremen Klimaverhältnissen wären unausgesetzte heftigste Stürme, enorm energischer Luft- und Wasseraustausch zwischen beiden Hemisphären eine notwendige Folge. Tier- und Pflanzenleben könnte wohl nur im Grunde des Ozeans gedeihen, die Meereswellen wären vielleicht 100 Meter hoch und würden die obersten Wasserschichten bis $^3/_4$ km Tiefe unbewohnbar für irgend größere Organismen machen. Auf dem Lande wäre Leben nur am Äquator möglich, und auch da wegen der Stürme wohl nur an vereinzelten, sehr geschützten Stellen. —

Unsere Betrachtungen zeigen somit, daß eine Steigerung der Schiefe der Ekliptik auch nur um 10° schon die Bewohnbarkeit der Erde für Lebewesen stark erschweren würde, eine Verringerung würde das Klima wohl gleichmäßiger gestalten, aber in unseren Breiten ungünstiger machen, als es zurzeit der Fall ist.



Digitized by Google



Über einen Kunstgriff, der die photographische Aufnahme von sehr lichtschwachen Spektren und dergleichen ermöglicht.

Im 11. Heft des 9. Jahrgangs der Physikalischen Zeitschrift, S. 355, macht Herr R. W. Wood Mitteilungen über günstige Erfolge, die er mit einem sehr einfachen Kunstgriff bei der photographischen Aufnahme sehr lichtschwacher Erscheinungen erzielt hat. Herr Wood hat das erwähnte Verfahren bei seinen spektroskopischen Untersuchungen zur Anwendung gebracht. Da aber auch zahlreiche sonstige Anwendungsmöglichkeiten für diese Methode bestehen, so erscheint es mir angebracht, an dieser Stelle etwas näher auf die Sache einzugehen.

Auf einer photographischen Platte kann durch die Entwicklung nur dann ein Bild hervorgerufen werden, wenn zuvor eine gewisse Lichtmenge auf die Platte eingewirkt hat, mit anderen Worten: man kann eine photographische Platte eine kurze Zeit hindurch einem sehr schwachen Licht aussetzen, ohne daß sich bei folgender Entwicklung ein Bild zeigte. Es besteht also gleichsam für die photographische Platte gerade wie für das Auge eine Reizschwelle, die überschritten werden muß, damit ein Eindruck wahrgenommen werden kann. Wie jeder Vergleich, so hinkt aber auch dieser, denn auf der Platte können sich zeitlich nacheinander wirkende Lichtreize summieren, man kann also selbst mit der schwächsten Lichtquelle bei genügend langer Expositionszeit die „Reizschwelle“ erreichen bzw. überschreiten. Auf Grund dieser keineswegs neuen Tatsache ist bereits mehrfach vorgeschlagen worden, Platten, die zur Auf-

Digitized by Google

nahme außerordentlich lichtschwacher Gegenstände dienen sollen, durch vorausgehende Exposition gegen eine sehr schwache Lichtquelle anzuschleiern und damit ihre Empfindlichkeit gleichsam zu erhöhen oder die zur Erreichung der „Reizschwelle" noch erforderliche Lichtmenge zu vermindern.

Herr Wood ging nun bei seinen Versuchen von der Voraussetzung aus, daß es bei sinngemäßer Benutzung der Fähigkeit der photographischen Platte, die auf sie wirkenden Lichtreize zu summieren, möglich sein müsse, die für die Aufnahme der von ihm untersuchten Spektren erforderlichen Expositionszeiten von durchschnittlich 24 Stunden auf die Hälfte oder noch weniger herabzusetzen. Es handelte sich also zunächst darum, die für die Vorbelichtung günstigsten Verhältnisse festzustellen. Das geschah auf Grund folgender Überlegung: Stellt man die Lichtwirkung auf die Platte in ihrer Abhängigkeit von der Expositionsdauer graphisch in der Weise dar, daß man die Expositionszeiten als Abszissen, die Schwärzungsgrade der Platte als Ordinaten aufträgt, so erhält man eine Kurve, die anfangs langsam, von einem gewissen Punkte — wir wollen ihn den Punkt A nennen — schnell, hernach wieder langsamer ansteigt. Die günstigste Wirkung der Vorbelichtung wird man nun offenbar dann erzielen, wenn man diese Vorbelichtung auf den ersten Teil der Kurve, also vor den Punkt A fallen läßt, so daß die eigentliche Exposition zugleich mit dem schnelleren Anstieg der Kurve einsetzt.

Natürlich muß man durch Vorversuche die Lage des Punktes A auf der Kurve für die benutzte Plattensorte feststellen. Herr Wood gibt dafür folgenden Weg an: „Man schraubt eine Gasflamme herab, bis die gelbe Spitze nur drei bis vier Millimeter hoch ist, und hält eine Platte in einer gewissen Entfernung davon, während man sie mit einem Blatt schwarzen Papiers bedeckt. Nun zieht man das Papier Schritt für Schritt zur Seite und exponiert die Platte in Abschnitten; dabei geht man alle zwei Sekunden um einen Schritt weiter. Alsdann entwickelt man die Platte und trägt dabei Sorge, die Entwicklung soweit wie möglich zu treiben." Herr Wood zieht die Entwicklung mit Glyzin der mit anderen Entwicklern vor, und zwar verwendet er einen ziemlich konzentrierten Entwickler bei einer Entwicklungsdauer von 15 bis 20 Minuten. Als zweckmäßig empfiehlt Herr Wood eine solche Vorbelichtungsdauer, daß bei der Entwicklung zwei Streifen auf der Platte sichtbar werden. Bei einer Flamme, wie sie eben beschrieben worden ist, und bei einer Entfernung zwischen Platte und Flamme von etwa 2 m würde dazu eine Belichtungszeit von ungefähr vier Sekunden erforderlich sein.

Digitized by Google

Man kann mit gleich gutem Erfolg die Vorbelichtung durch eine nachträgliche Exposition gegen die schwache Lichtquelle ersetzen.

Anstelle der kleinen Gasflamme könnte mit Vorteil eine kleine elektrische Glühlampe treten, die von einem Sammler gespeist wird.

Dieses einfache und bequeme Verfahren wird sicherlich vielfach mit Erfolg Anwendung finden können. Mi.



Gaslicht und elektrisches Licht vom ökonomischen Gesichtspunkte aus betrachtet.

Heftig ist in den letzten Jahren der Streit um die Vorherrschaft zwischen der Gasbeleuchtung und der elektrischen Beleuchtung entbrannt. Bald scheint der einen, bald der andern Seite der Sieg gewiß, und jeder Fortschritt auf der einen Seite zeitigt neue, oft recht erfolgreiche Verbesserungsversuche auf der andern. Schien es, daß durch die Einführung der Metallfadenglühlampen dem elektrischen Lichte die Überlegenheit gesichert sei, so ist diese Entscheidung durch die neuen Vervollkommungen auf dem Gebiete der Invertgasglühlichtbeleuchtung mindestens sehr in Frage gestellt worden. Den Vorteil, den die elektrische Beleuchtung früher für sich in Anspruch nehmen durfte, nämlich die Möglichkeit der Zündung und Löschung von einem beliebigen Orte aus in schnellster Zeit, diesen Vorteil hat sich jetzt seit der Erfindung der Fernzünder auch die Gasbeleuchtung zunutze gemacht. Unbestritten bleibt noch der elektrischen Beleuchtung der große Vorzug wesentlich höherer Feuersicherheit. Es gibt indessen eine Reihe von Anwendungsgebieten, wie die Beleuchtung von Straßen und Plätzen, von Gärten, Vorhallen usw., wo dieser Vorzug nur von sehr untergeordneter Bedeutung sein kann. In solchen Fällen fragt es sich nur, welche Beleuchtungsart die ökonomischere ist, d. h. welche für den gleichen Preis die größere Anzahl von Hefnerkerzen liefert. Eine Aufstellung über die Ökonomie verschiedener Beleuchtungssysteme hat Herr Josef Anzböck, Oberinspektor der Imperial Continental Gas Association in Wien in einem Vortrage mitgeteilt, den er am 4. März 1908 in der Fachgruppe für Gesundheitstechnik des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins gehalten hat. Dem Abdruck dieses Vortrages im „Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung" (51, 471—473, 1908) ist die nebenstehende Tabelle ent-

nommen. Den Berechnungen sind folgende Preissätze zugrunde gelegt worden:

1. für elektrische Kraftleistung: 60 Pf. als Höchstpreis, 29 Pf. als Mindestpreis für die Kilowattstunde; ich habe noch die Zahlen für die in Berlin üblichen Preise von 40 bzw. 32 Pf. für die Kilowattstunde hinzugefügt;
2. für Gas 14,5 Pf. für das Kubikmeter; ich habe noch die Zahlen für den Berliner Einheitspreis von 12,35 Pf. hinzugefügt, sowie für den in Deutschland vielfach herrschenden Leuchtgaspreis von 16 Pf.

Es ergeben sich nachstehende abgerundete Werte:

Beleuchtungsart	Unterhaltungskosten für die Brennstunde in Pf.	Wattverbrauch auf die HK.*)	Für 1 M. erhält man HK. bei einem Strompreis von			
			60 Pf.	40 Pf.	32 Pf.	29 Pf.
Kohlenfadenglühlampe	0,106	3,0	560	840	1050	1150
Tantallampe	0,34	1,6	1040	1560	1940	2140
Osmiumlampe . . .	0,34	1,2	1390	2090	2610	2870
Wolframlampe . . .	0,34	1,1	1520	2880	2980	3140
Gewöhnliche Bogenlampe	1,02	0,6	2780	4170	5210	5750
Sparbogenlampe . .	0,425	0,5	3330	5000	6120	6900
Flammenbogenlampe	1,70	0,33	5050	7580	9470	10 450

		Gasverbrauch auf die HKStd.	Für 1 M. erhält man HK. bei einem Gaspreise von		
			16 Pf.	14,5 Pf.	12,35 Pf.
Schnittbrenner . . .		13,30	470	520	610
Argandbrenner . . .	0,001	10,00	620	690	810
Auerbrenner	0,08	1,50	4130	4590	5390
Invertlampe	0,08	0,82	7560	8400	9860
Preßgaslampe mit stehendem Glühlicht		0,80	7760	8620	10 120
Preßgaslampe mit hängendem Glühlicht		0,60	10340	11 490	13 510

*) HK. = Hefnerkerze = techn. Lichteinheit.

Digitized by Google

Schnittbrenner und Argandbrenner kommen heutzutage als Beleuchtungsquellen nicht mehr in Frage. Im übrigen sprechen die Zahlen der Tabelle eine so deutliche Sprache zugunsten der höheren Ökonomie der Gasbeleuchtung, sowohl was die Unterhaltungskosten als auch was die Betriebskosten angeht, daß eine weitere Erörterung dieser Werte überflüssig erscheint. Mi.



Die elektrische Beleuchtung der Eisenbahnzüge.

Die erste Beleuchtung der Eisenbahnzüge erfolgte 1836 in Sachsen und 1844 in Preußen mit Kerzen. Ihr folgte die Öl- und Petroleumbeleuchtung, die nach Versuchen auf der Schlesischen Bahn in Preußen durch die Gasbeleuchtung abgelöst wurde. Die Gasbehälter der Eisenbahnwagen wurden unter einem Druck von 6 Atmosphären mit Gas gefüllt, das durch ein Reduzierventil den Flammen mit 25 bis 45 mm Druck zuströmte. Die Flammen verbrauchten in der Stunde $27^1/_2$ l Gas und erzeugten dafür ein Licht von 5 Hefnerkerzen Stärke. Es dauerte sehr lange, ehe sich die Eisenbahnverwaltung entschloß auf diesem Gebiete den Fortschritten der Beleuchtungstechnik zu folgen und den Wagen eine Beleuchtung zu geben, die den gesteigerten Ansprüchen einigermaßen entsprach. Das geschah durch die Verbesserung mittels Azetylen, das in einem 25prozentigen Zusatze die Helligkeit verdreifachte. Die preußische Staatsbahnverwaltung hat für die Füllung der Gasbehälter etwa 50 Gasanstalten und erzeugt jährlich etwa vier Millionen Kubikmeter Gas.

Im Jahre 1888 trat auf der italienischen Strecke Novara—Soregno—Savona ein neuer Mitbewerber auf den Plan; dort wurde die elektrische Glühlichtbeleuchtung zuerst eingeführt. Schon im folgenden Jahre folgte die Jura-Simplon-Bahn. In Deutschland hinkte man wieder erheblich nach; erst 1893 nahm die Dortmund-Gronauer Bahn als erste das neue Beleuchtungsmittel auf, und die preußische Staatsbahn begann gar erst in den letzten Jahren ihre Versuche auf diesem Gebiete.

Schwierigkeiten sind bei der Glühlichtbeleuchtung weniger vorhanden als bei anderen Beleuchtungsarten, wenn man die Stromlieferung außer Betracht läßt. Diese aber hat den Technikern schon außerordentlich viel Kopfzerbrechen verursacht. Der einfachste Betrieb ist natürlich immer der mit Akkumulatoren. Die Akkumulatorentechnik ist schon seit längerer Zeit auf dem Standpunkte angelangt, daß sie Batterien

Digitized by Google

von genügender Leistungsfähigkeit und Haltbarkeit zu liefern vermag. Werden die Batterien, welche zur Beleuchtung der Wagen dienen sollen, nur genügend groß genommen, so erfolgt die Entladung langsam, und die Spannung der Elemente bleibt sehr lange konstant. Die von ihnen gespeisten Lampen brennen dann ruhig und hell. Bedingung war dabei jedoch, daß die Batterien etwa jeden zweiten Tag ausgewechselt werden konnten, oder daß die Wagen innerhalb dieser Zeit an ihre Ausgangsstelle zurückkehrten, damit die Akkumulatoren neu geladen werden konnten. Dies ließ sich nicht immer ohne Schwierigkeiten bewerkstelligen, und Ladestationen waren nicht überall leicht einzurichten, wenn man nicht überhaupt gänzlich zu dieser Beleuchtungsart übergehen wollte. Um allen diesen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, führte man die Ladung der Batterien während der Fahrt ein. Dabei ergaben sich mehrere Wege; man richtete eine Dynamomaschine für den ganzen Zug ein, oder man gab jedem Wagen eine solche und machte ihn so unabhängig. Dadurch stellten sich aber nun zwei neue Schwierigkeiten ein. Die Spannung der Dynamomaschine wächst und fällt unter sonst gleichen Umständen wie die Umdrehungszahl, während die Spannung der Akkumulatoren beim Laden stark ansteigt. Sodann wechselt aber die Helligkeit der Glühlampen in der Gegend ihrer normalen Helligkeit sehr viel stärker, und zwar mit der vierten bis sechsten Potenz der Spannung. Das hat zur Folge, daß schon verhältnismäßig geringe Spannungsschwankungen ganz unerträgliche Schwankungen der Helligkeit zur Folge haben.

Um diesen lästigen Einflüssen zu entgehen, wandte man die verschiedenartigsten Lösungen an. Die einfachste Art war der Antrieb der Dynamomaschine von einem selbständigen Motor auf der Lokomotive, weil dessen Betrieb vom Gange der Lokomotive unabhängig ist. Die preußische Staatsbahn verwendet eine Dampfturbine von 20 Pferden und 20000 Umläufen in der Minute. Eine Zahnradübersetzung mindert die Tourenzahl auf 2000 in der Minute herab und treibt mit dieser Umdrehungszahl eine Nebenschlußdynamomaschine an, welche die einzelnen nebeneinander geschalteten Wagenbatterien speist. Um die Dynamomaschine in solchen Fällen, in denen die Akkumulatorenspannung durch irgendwelche Zufälle überwiegt, vor Rückstrom zu schützen, ist in den Stromkreis eine polarisierte Zelle eingeschaltet. Diese besteht aus einem Gefäß mit einer Eisen- und einer Aluminiumelektrode in alkalischer Lösung; diese Zusammensetzung läßt einen elektrischen Strom nur hindurch, wenn das Aluminium negativ polarisiert ist. Beim Stromdurchgang in der entgegengesetzten Richtung bildet sich auf dem Aluminium nämlich sogleich ein Häutchen von Aluminiumoxydhydrat, das den

Digitized by Google

Strom nicht leitet und somit absperrt. Die Lampen sind gegen zu hohe Spannung durch einen Glühlampenwiderstand geschützt. Dieser besteht aus einer mit verdünntem Wasserstoff gefüllten Glühbirne, deren Faden jedoch aus Eisendraht besteht. Bei wechselnder Spannung gestattet dieser Widerstand dem Strome nur in annähernd gleicher Stärke den Durchgang, weil er sich bei hoher Spannung sehr stark erhitzt und dadurch seinen Widerstand erhöht. Mit diesem Betriebe sind bislang gute Erfolge erzielt worden. Dennoch geht die Bahnverwaltung dazu über, die Dynamomaschine auf die Achse des Gepäckwagens zu setzen, weil dieser mit dem ganzen Zuge durchläuft, während die Lokomotiven häufig wechseln. Das älteste derartige System wurde schon 1893 auf der Cheasepeake- and Ohiobahn in Amerika eingeführt.

Auf den belgischen Bahnen versucht man das System L'Hoest-Pieper, bei welchem die Dynamomaschine auf der Lokomotive durch eine schnellaufende Dampfmaschine angetrieben wird. Die Dynamomaschine ist eine Hauptstrommaschine, die bei wechselnder Spannung innerhalb gewisser Grenzen stets denselben Strom liefert. Die Batterien der einzelnen Wagen sind hintereinander geschaltet. Die Dynamomaschine läuft selbsttätig um so schneller, je mehr Wagen hintereinander geschaltet sind. Die Lampen werden von der Batterie gespeist; hat aber die Spannung die richtige Höhe erreicht, so schaltet ein elektromagnetischer Umschalter die Dynamomaschine in den Stromkreis ein.

In England wurde ein System eingeführt, das von Stone angegeben war. Dabei wird eine unter dem Wagen pendelnd aufgehängte Dynamomaschine durch einen Riemen von der Wagenachse angetrieben. Ein auf der Achse der Dynamomaschine sitzendes Zentrifugalpendel schaltet bei einer bestimmten Umlaufszahl die Dynamo ein. Wird die Umdrehungszahl groß, so verstärkt sich der Riemenzug, die pendelnd hängende Dynamo wird herangezogen und der Riemen gleitet auf der Scheibe so lange, bis wieder die Grenze erreicht ist. Auf die in diesem Betriebe möglichen Wechselfälle ist durch technische Einrichtungen natürlich die notwendige Rücksicht genommen. Hierbei trat ein außerordentlich starker Riemenverschleiß ein; man änderte daher das System in elektrischer Hinsicht, so daß durch die zu schnelle Umdrehung Widerstand in den Nebenschluß der Dynamomaschine eingeschaltet wurde, der die Regulierung besorgte. Die Regulierung in diesem System ist von vielen Konstrukteuren auf die mannigfachste Weise besorgt worden, auf die einzugehen zu weit führen würde, um so mehr als das weitgehende technische Kenntnisse voraussetzt. Die vollendetste Vorrichtung dieser Art ist die von Rosenberg, welche von der Gesellschaft für elektrische

Digitized by Google

Zugbeleuchtung in Berlin vertrieben wird. Wegen ihrer größeren Einfachheit und Betriebssicherheit ist sie von der preußischen wie von vielen ausländischen Bahnen eingeführt worden.

Ein Vergleich der Unkosten elektrischer Beleuchtung mit denen der Gasbeleuchtung ergibt, daß bei Verwendung einer Dynamo unter dem Gepäckwagen die elektrische Beleuchtung billiger ist als die Gasbeleuchtung, wenn die durchschnittliche Tagesbenutzung 4 bis $4^1/_2$ Stunden überschreitet. Bei Anbringung einer Dynamo unter jedem Wagen tritt ein niedrigerer Preis bei mehr als siebenstündiger Tagesbenutzung ein. Das elektrische Licht gestattet zudem eine viel günstigere Verteilung, z. B. durch das Anbringen von Leselampen hinter jedem Sitzplatze, was bei Gaslicht ausgeschlossen ist. Dieser Vorteil kann auch durch das hängende Gaslicht nicht ersetzt werden, das jetzt in den Konkurrenzkampf eingetreten ist. Über dieses liegen abschließende Nachrichten noch nicht vor, so daß es einstweilen scheint, als ob das übrigens außerordentlich schöne elektrische Glühlicht den Platz behaupten wird.

L.



Vollkommene Photographien.

In den Comptes rendus der Pariser Akademie (1908 No. 9) veröffentlicht Herr G. Lippmann einen Aufsatz, dessen wesentliche Aufgabe er mit folgenden Worten darstellt. Auch die vollkommensten üblichen photographischen Abdrucke zeigen nur eine Ansicht von der äußeren Wirklichkeit, und diese beschränkt sich auf ein einziges in einer Ebene fixiertes Bild, gleichwie es eine von Hand gefertigte Zeichnung oder ein Gemälde zeigt. Das unmittelbare Sehen der Wirklichkeit aber vermittelt bekanntlich eine unendlich viel größere Mannigfaltigkeit; da sieht man vor allen Dingen die Gegenstände räumlich, in wirklicher Größe und in ihrer Erhabenheit, mit der sie sich vom Hintergrunde abheben, nicht also in der Ebene. Aber noch mehr. Der Anblick der Dinge ändert sich mit dem räumlichen Standpunkte des Beobachters; mit ihm verschieben sich die verschiedenen Gesichtsebenen zu einander, die Perspektion ändert sich, und die verdeckten Teile der Objekte bleiben nicht dieselben. Ja noch mehr. Betrachtet ein Beobachter die Außenwelt durch ein Fenster, so hat er es in der

Digitized by Google

Hand, die einzelnen Teile einer Landschaft so in den Rahmen des Fensters zu setzen, daß ihm bei mehrfachem Wechsel nach und nach ganz verschiedene Bilder erscheinen, die doch alle ein und demselben ganzen Landschaftsbilde angehören.

Es fragt sich nun, ob man von der photographischen Abbildung die gleiche Mannigfaltigkeit verlangen darf, wie sie uns das direkte Sehen vermittelt, ob es möglich ist, einen photographischen Abdruck herzustellen, der uns die äußere Welt ebenso zeigt wie man sie im Rahmen eines Fensters sieht. Tatsächlich ist das möglich: Man kann auf photographischem Wege wirklich sehr viel mehr erreichen, als mit der menschlichen Hand. Das Verfahren, wie das geschehen kann, beschreibt Lippmann in folgender Weise.

Die jetzt gebräuchlichen Filme bestehen aus einer durchsichtigen Haut von Zelluloid oder Kollodium und sind auf einer Seite mit einer lichtempfindlichen Schicht, der Emulsion, überzogen. Vor dem Überziehen mit der Emulsion preßt man den Film warm in ein Art Waffelmaschine, so daß eine große Anzahl von Vorsprüngen in Gestalt kugliger Segmente auf jeder Seite des Films entstehen. Jede Erhebung an der nackten Vorderseite der Haut soll als Sammellinse fungieren, während die Erhebungen der Hinterseite des Films mit lichtempfindlicher Emulsion überzogen werden und die Bestimmung haben, das von einer der kleinen Linsen an der Vorderseite erzeugte Bild aufzunehmen und festzuhalten.

Zur richtigen Einstellung des Bildes ist nötig, daß die gegenüberliegenden Segmente denselben Krümmungsmittelpunkt haben und zwar so, daß das Verhältnis der die vordere Fältelung bildenden Radien der Segmente zu derjenigen an der Hinterseite gleich n—1 ist, wo n den Brechungsindex für die photographisch wirksamsten Strahlen bezeichnet. Das Ganze bildet eigentlich mit den Vorderlinsen und den empfindlichen Segmenten hinten eine dunkle Kammer, die dem Auge vergleichbar ist; die ersteren entsprechen der durchsichtigen Hornhaut, die sensible Schicht der Retina. Vorteilhaft ist, jedes Element oder jede Zelle von der benachbarten durch eine schwarze Pigmentschicht optisch zu isolieren. Man erhält dann eine Art von Zellengewebe, das dem zusammengesetzten Auge der Insekten vergleichbar ist.

Eine Eigentümlichkeit solches Systems ist, photographische Bilder zu geben, ohne daß sie in einen photographischen Apparat eingebracht zu werden brauchen. Es genügt, wenn man sie bei hellem Lichte den abzubildenden Gegenständen gegenüberstellt. Die

Digitized by Google

Benutzung der dunklen Kammer ist deshalb überflüssig, weil eben jede Zelle des Films selbst eine Dunkelkammer ist. Vor und nach der Exposition müssen die Films im Dunkeln aufbewahrt und entwickelt werden.

Das Ergebnis der Aufnahme ist eine Reihe mikroskopischer Bilder, von denen jedes auf der Retina jeder Einzelzelle abgebildet ist. Von der Seite der empfindlichen Schicht aus betrachtet, ist natürlich nichts zu sehen als eine gleichmäßig grau getönte Schicht. Betrachtet man dagegen den Film von der Vorderseite her in diffusem durchgehenden Lichte, so sieht das Auge nicht die kleinen Einzelbilder, sondern ein einziges in den Raum projiziertes großes Bild wahrer Größe, das aus allen diesen Einzelbildern resultiert.

Herr Lippmann weist nach, daß die Gesamtheit der kleinen von den Einzelzellen gelieferten Bilder ein virtuelles Gebilde von drei Dimensionen liefert. Dieses entspricht für das Auge des Beschauers der Gesamtheit der materiellen Punkte, welche man abbilden wollte. Naturgemäß ändert sich das Bild je nach Stellung des beobachtenden Auges; in jeder Position ergibt sich ein anderes Bild. Diese Tatsache involviert, daß auch das Ganze stereoskopisch erscheint; denn jedes Auge bekommt ein anderes Bild und der Gesamteindruck ist ein plastischer. Man braucht daher solch Bild nicht erst im Stereoskop zu betrachten, sondern sieht es gleich im Relief, wie beim natürlichen Sehen der Gegenstände.

Natürlich ergibt sich auf die geschilderte Weise ein negatives Bild, weil auf der lichtempfindlichen Emulsion alle hellen Punkte dunkel werden und umgekehrt, wie beim gewöhnlichen Photographieren. Aber noch mehr, das Bild ist geometrisch überhaupt umgekehrt; das obere ist unten, das rechte links und umgekehrt.

Die Umkehrung des Bildes kann zweckmäßig dadurch geschehen, daß man den Film auf einen zweiten, in nur wenigen Zentimetern Abstand stehenden kopiert. Der Kontakt beider Films ist dazu nicht nötig, wie etwa beim Kopieren gewöhnlicher photographischer Platten. Auf dem zweiten Film kopiert sich dann das Bild richtig; es wird positiv und normal gerichtet. Man hat es also auch hier in der Hand, so viele Kopien herzustellen wie man bloß will.

Jedes räumliche Bild, das der Beobachter mit seinem Auge wahrnimmt, ist eine Resultante aus all den Einzelbildern auf der Retina; es ist kontinuierlich, zusammenhängend, wenn die Einzelbildchen einander nahe genug sind. Wäre die Pupillenöffnung unendlich klein, dann wäre jedes Einzelbildchen ein mathematischer Punkt, und es ent-

Digitized by Google

stände auf der Retina des Beobachters eine Unmenge getrennter Bildpunkte. Nichtsdestoweniger würden sich alle diese berühren, vorausgesetzt, daß die Einzelzellen klein genug und einander so nahe sind, daß man sie eben nicht mehr voneinander unterscheiden kann. Die Pupillenöffnung des Auges ist aber endlich, und jedes Bildelement hat eine endliche Ausdehnung. Die einzelnen Elemente verbinden sich also zu einem Bilde, wenn die Entfernung zwischen zwei Zellen geringer ist als die Öffnungsweite der Pupille.

Bemerkenswert ist die Eigenschaft des Films, daß man bei ihm je nach dem Winkel, unter welchem man ihn betrachtet, verschiedene Ansichten erhält, wie bei einer Landschaft, die man von verschiedenen Standpunkten aus durch ein Fenster betrachtet. Das erklärt sich einfach so: Steht man gerade vor dem Film, so sieht man ein Bild, das sich als die Summe aller derjenigen Elemente darstellt, die den mittelsten Teilen aller der kleinen Zellenbildchen entlehnt sind. Eine schiefe Betrachtung des Films ergibt ein Bild, das sich aus Elementen der Zellenbildchen zusammensetzt, die an der entsprechenden Seite liegen. Wenn die Zellularbildchen eine Öffnung von 120° haben, könnte man von einer Landschaft 120° bestreichen. Und diesen Winkel könnte man durch Anwendung geeignet geformter Films (convex, zylindrisch usw.) statt der ebenen noch erweitern. Mit einem gewölbten Film, wie ihn z. B. ein Teil einer Kugel oder eines Ellipsoides darstellen würde, könnte man den ganzen Himmel und die ganze Erde zu gleicher Zeit umfassen und das Ganze mit den Augen gewisser Insekten sehen.

Es ist übrigens außerordentlich schwierig, die kleinen Zellularbildchen mit genügender Reinheit und Klarheit zu bekommen. Das liegt daran, daß es eine große Schwierigkeit verursacht, die Krümmungsradien richtig und unter sich gleichmäßig herzustellen. Das kann nur geschehen, wenn man Pressen benutzen kann, die mit größter Genauigkeit arbeiten. Für die Herstellung der Films stehen übrigens noch andere Substanzen zur Verfügung als gerade bloß das Kollodium oder Zelluloid. Vor allen Dingen ist Glas dazu geeignet, weil man diesen Körper vorzüglich zu bearbeiten versteht und in großen Massen herstellen kann. Allerdings macht hier die Verschiedenheit des Brechungsindex bei den verschiedenen im Handel vorkommenden Gläsern viele Schwierigkeiten. L.



Digitized by Google

Das Erdbeben von Jamaika und die Seismographie.

Bei dem Erdbeben vom 14. Januar 1907 war Kingston selbst mit einem registrierenden Seismometer versehen. Dieses Seismometer war aber nicht in Ordnung. Von seinem Besitzer Mr. Brennan wieder in Stand gesetzt, nahm es erst fünfzehn Tage nach dem Erdbeben, vom 29. Januar 1907 an, seine Tätigkeit wieder auf. Nach Mr. Maxwell Halls Erdbebenbericht ist es ein gedämpftes Pendel nach Gray. Anscheinend gehört es demnach dem in S. Günthers Geophysik, 2. Aufl., auf S. 463 abgebildeten Typ an. Im wesentlichen besteht dieser aus einer pendelnd aufgehängten Horizontalplatte, auf der mit zwei Nadeln die Erschütterungen der bebenden Umgebung aufgezeichnet werden, während sie ihre eigenen, durch diese Nadeln gedämpften Ausschläge mittelst eines Winkelhebels auf einer anderen Platte verzeichnet.

Als den Standort jenes Seismometers gibt Hall „das alte Wetterbureau“ an. Diese Bezeichnung ist nicht allein doppel-, sondern sogar dreisinnig. Es kann gemeint sein das frühere Wetterbureau der Vereinigten Staaten auf Jamaika, von 1898 bis 1903, die dann von den Vereinigten Staaten eingerichtete Sturmwarnungsstelle, von 1903 bis 1906, endlich das frühere einheimische Wetterbureau, von 1880 bis 1899.

Das erste Bureau war in einem Landhause eingerichtet, $3^1/_2$ Kilometer nördlich Kingston, $6^1/_2$ Kilometer nördlich des Nordufers der Lagune. Die beiden anderen Bureaus lagen nahe dem Hafen, in dieser Stadt selbst. Jedenfalls lag das fragliche Bureau in Kingston selbst oder in dessen näherer Umgebung.

Von Juni an ist auch ein Seismometer für Chapelton erwähnt, einen Binnenort, etwa 53 Kilometer westnordwestlich von Kingston. Chapelton ist der Wohnsitz Mr. Maxwell Halls, der den amtlichen Erdbebenbericht zu erstatten hatte und seit Juli 1907 auch den neu eingerichteten Witterungsdienst für die ganze Insel leitet. Anscheinend ist jenes Seismometer in seiner Verwaltung, und vermutlich ist es ein Horizontalpendel nach Milne.

Jedenfalls wurde bei dem für 1907 eingerichteten besonderen Erdbebendienst Wert auf die Ratschläge dieses englischen Seismologen gelegt.

Im besonderen hatte er angeraten, die Nachbeben nach ihrer Anzahl in jeder Woche und nach ihrer Intensität zahlenmäßig auszu-

Digitized by Google

gleichen, um daraus ein Urteil zu gewinnen über das Anhalten oder Erlöschen dieser Nachwehen. Das ist in dem amtlichen Berichte von Mr. Hall für die 27 Wochen vom 14. Januar bis 21. Juli geschehen. Ich selbst habe, nach einem neuen, im Juliheft des Monthly Weather Review erschienenen Berichte desselben Autors, die Reihe um sechs weitere Wochen, bis zum 1. September 1907, fortgeführt und die

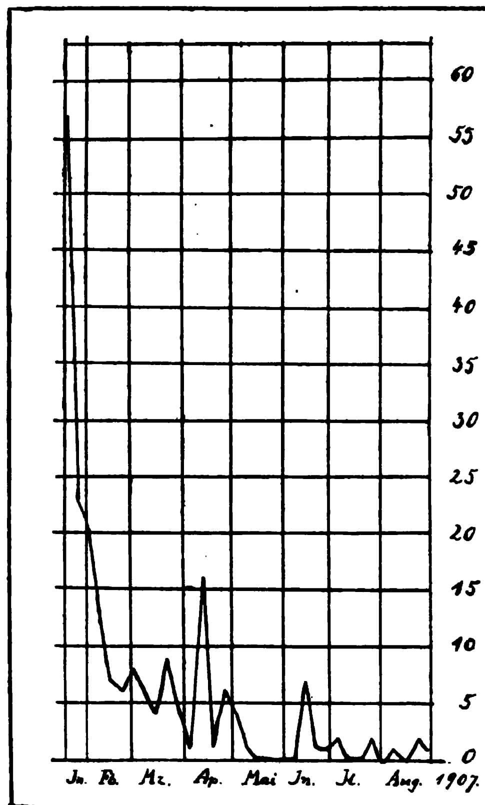


Fig. 1.

Zahlenwerte durch das Diagramm Fig. 1 sinnfällig ausgedrückt. Diese Zahlenwerte der seismischen Aktivität sind so gewonnen, daß die Fälle von Intensität II doppelt, von Intensität III dreifach, von Intensität IV vierfach gezählt wurden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die nach Mr. Maxwell Hall angenommene Intensitätsskala nur sechs Grade kennt, anstatt der zehn Grade der sonst meist üblichen Skala nach Forel und Rossi.

Digitized by Google

Aus dem Diagramm ist ohne weiteres ersichtlich, daß die direkten Nachwehen des Erdbebens vom 14. Januar 1907 bis Mai 1907 erloschen. Die folgenden Erschütterungen gingen aber über das von 1693 bis 1906 auf Jamaika gewöhnliche Regime der Bodenschwingungen erheblich hinaus. Nach Mr. Hall läßt dieses Regime nur etwa vier Stöße der Intensität I, und zwar der Intensität II erwarten. Ein Stoß von Intensität III, der Häuser erschüttert (V nach Forel und Rossi), kam nur alle zwei bis drei Jahre zur Beobachtung. Wenn auch die Nachwehen des zerstörenden Januarbebens erloschen sein mögen, so weist der Boden Jamaikas doch noch wenig Standfestigkeit auf. In dieser Beziehung erscheint das neue Erdbeben vom 2. Januar 1908 von besonderer Wichtigkeit. Es zerstörte einige Häuser in Kingston, es besaß also die zweithöchste Intensität V nach Maxwel Hall, IX nach Forel und Rossi.

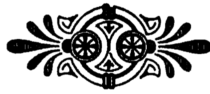
Weitere Vorgänge erscheinen im Jahre 1908 auch deshalb nicht ausgeschlossen, weil der Jahrgang 1906/07 in Westindien, nach den aus Jamaika und Key West vorliegenden Beobachtungen, verhältnismäßig arm an Regen war. Jamaika erhielt in den zehn Monaten von November 1906 bis August 1907 im Durchschnitt nur 68 Prozent der sonst gewöhnlichen Niederschlagsmenge. Die großen Erdkatastrophen in Mittel- und dem nördlichen Südamerika knüpfen aber mit auffallender Regelmäßigkeit an Dürreepochen an.

Das neue Erdbeben von Kingston im Januar 1908 entzog sich fast ganz der Beobachtung mit europäischen Seismographen. Aber auch das stärkere Erdbeben von Kingston im vorjährigen Januar wäre in Mitteleuropa nach der Laibacher Mitteilung, also auf nur 8500 Kilometer Entfernung, beinahe von der winterlichen Bodenunruhe verdeckt worden. Nach dem Januar-Bulletin 1907 des Wetterbureaus der Philippinen wurde es tatsächlich dort nicht bemerkt, anscheinend aus dem gleichen Grunde, denn nur etwa 15 Stunden früher hatte ein Erdbeben die Philippinen selbst heimgesucht, dem die Stärke V nach Forel und Rossi beigemessen wurde. Auch nahe seinem Herde, bei Surigao am Nordende Mindanaos, dauerte es 45 Sekunden. Es dürfte sich aber eine längere Bodenunruhe angeschlossen haben.

Der Seismograph auf Kingston selbst erwies sich nicht empfindlich genug, um alle jene Nachbeben zu verzeichnen, die auch nur am Orte beobachtet wurden. Mit dem in Chapelton arbeitenden Apparat zusammen lieferte er aber eine sehr erwünschte Kontrolle zur Bestätigung der aus den Stoßrichtungen gefolgerten Lage der Erdbebenherde. Von diesen unterschied Mr. Maxwell Hall vier, einen Haupt-

Digitized by Google

herd im Meeresgrunde südöstlich der Insel und drei in ihren geologischen Faltungsgebieten selbst. Sehr wohltätig wäre die Wirksamkeit des Seismographen gewesen für genaue Bestimmung der Zeit des großen Bebens vom 14. Januar 1907. Von ihr liegen drei gleich zuverlässige Angaben vor, die aber um $3^1/_2$ Minuten verschieden sind. Die äußersten sind 3 Uhr $29^1/_2$ und 33 Minuten Kingston Zeit, also 8 Uhr $36^1/_2$ und 8 Uhr 40 Greenwich Zeit. W. K.



Digitized by Google



Leben und Materie, Häckels Welträtsel, kritisiert von Sir Oliver Lodge. Verlag von Karl Curtius in Berlin, 1908. Preis: Kartoniert M. 2,40.

Das Buch ist eine Übersetzung des vor einigen Jahren in England erschienenen Werkes „Life and Matter", dessen Verfasser Sir Oliver Lodge durch seine Entdeckungen auf dem Gebiete der Elektronentheorie und der elektromagnetischen Wellen in den ersten Reihen der physikalischen Forscher der Gegenwart steht. Lodge ist aber nicht nur ein hervorragender Physiker, sondern auch ein aus der naturwissenschaftlichen Schule hervorgegangener Philosoph, der zu den höchsten Problemen menschlicher Forschung, zu den Lehren von Substanz und Energie, von Geist und Materie, zu den Lebensrätseln und den darüber herrschenden Kontroversen Stellung nimmt. Der Kampf um Häckel und dessen Weltanschauung, um dessen Entwicklungstheorie und monistische Philosophie, kurz, das Glaubensbekenntnis, welches Häckel in seinen „Welträtseln" niedergelegt hat, war es, was den englischen Physiker veranlaßte, an den Ausführungen des Jenenser Forschers die kritische Sonde zu legen. Er fühlt sich um so mehr dazu berufen, als Häckel sich in seinem „Substanzgesetz" auch mit den Grundlagen der Physik, mit dem Gesetz der Erhaltung der Energie und dem Gesetz der Erhaltung der Materie, sehr eingehend beschäftigt. Lodge will sein Werk „Leben und Materie" nicht als eine Kontroversschrift betrachtet sehen; es soll vielmehr die höhere Absicht verfolgen, eine bestimmte Lehre über die Wechselwirkung zwischen Geist und Materie und damit auch über die Natur des Menschen aufzustellen. Und dabei soll es besonders zwei Irrtümer zu widerlegen suchen, die sehr verbreitet sind: 1. Die Meinung, daß, weil materielle Energie konstant ist, ihrer Quantität nach, deswegen auch ihre Umformungen und Übertragungen — auf denen zugegebenerweise alle Vorgänge auf der Erde beruhen — nicht einer Leitung oder einer Richtung gebenden Kontrolle zugänglich sind. 2. Die Meinung, daß das spezifische leitende Vermögen, das wir „Leben" nennen, selber eine von den Formen materieller Energie sei, so daß, sobald es seine Verbindung mit der Materie verläßt, andere äquivalente Formen von Energie eintreten müßten, um es zu ersetzen.

Daß Häckel in Lodge einen scharfen, auf dem Boden der neueren physikalischen Forschung stehenden Gegner vor sich hat, wird jeder empfinden, der sich in die hochinteressante Materie des Buches vertieft, das leicht faßlich und im besten Sinne des Wortes populär geschrieben ist. Wir glauben, daß

Digitized by Google

die deutsche Ausgabe von „Life and Matter" dieselbe glänzende Aufnahme finden wird, wie das Originalwerk in England, und stehen nicht an, sie allen Interessenten für Häckel und seine monistische Philosophie, mögen sie zustimmend oder ablehnend zu ihr stehen, wärmstens zu empfehlen. Der Inhalt des Buches sei hier kurz in Kapitelüberschriften wiedergegeben: Monismus — das „Substanzgesetz" — die Entwicklung des Lebens — Religion und Philosophie — Geist und Materie — Hypothesen und Analogien hinsichtlich des Lebens — Wille und Lenkung — Nachtrag. Weitere Überlegungen über Natur und Ursprung des Lebens. S.

Verzeichnis der der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Rohr, E. Knud Rasmussen: Neue Menschen. Ein Jahr bei den Nachbarn des Nordpols Einzig autorisierte Übersetzung. Mit fünf Zeichnungen von Graf Harald Moltke und einem Porträt. Bern, A. Francke, 1907.

Steinmann, Gust. Die geologischen Grundlagen der Abstammungslehre. Mit 172 Textfiguren. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1908.

Struck, A. Makedonische Fahrten. I. Chalkidike. Mit 12 Abbildungen und drei Kärtchen im Text und einer Routenkarte. (Zur Kunde der Balkanhalbinsel.) Reisen und Beobachtungen. Herausgegeben von C. Patsch, Heft 4).

Sehrwald, K. Die Kristalltheorie der Säugetiere. Neue Anschauungen aus dem Gebiete der Biologie. Leipzig, Georg Thieme, 1907.

Valentiner, S. Vektoranalysis. Mit 11 Figuren. (Sammlung Göschen.) Leipzig, Göschenscher Verlag, 1907.

Weinschenk, E. Die gesteinsbildenden Mineralien. Zweite umgearbeitete Auflage. Mit 204 Figuren und 21 Tabellen. Freiburg i. B., Herderscher Verlag, 1907.

— — Petrographisches Vademekum. Ein Hilfsbuch für Geologen. Mit einer Tafel und 98 Abbildungen. Freiburg i. B., Herderscher Verlag, 1907.

Werner, Otto. Lebenszweck und Weltzweck oder die zwei Seinzustände. Leipzig, E. Haberland, 1907.

v. Wettstein, R. Leitfaden der Botanik für die oberen Klassen der Mittelschulen. Mit 3 Farbendrucktafeln und 1005 Figuren in 205 Textabbildungen. Dritte, veränderte und vermehrte Auflage. Wien, F. Tempsky, 1907.

Wiedhan, O. Geologische Tafeln für Sammler, Schule und Haus. Zusammengestellt aus H. Credner, H. Haas, Koken, v. Koenen, Potonié u. a. Leipzig, Hahnsche Buchhandlung, 1907.

Zacharias, Joh. Sind die heutigen Anschauungen der Naturlehre gerechtfertigt? Berlin, Bohne's Verlag.

Zacharias, O. Das Süßwasser-Plankton. Einführung in die freischwebende Organismenwelt unserer Teiche, Flüsse und Seebecken. Mit 4 Abbildungen. (Aus Natur und Geisteswelt. 156. Bändchen.) Leipzig, B. G. Teubner, 1907.

Ziegler, J. H. Konstitution und Komplementät der Elemente. Bern, A. Francke, 1908.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Observatory
FEB 8 1909

XX. JAHRG. SEPTEMBER 1908 HEFT 12

HIMMEL UND ERDE

ILLUSTRIERTE NATURWISSENSCHAFTLICHE MONATSSCHRIFT

HERAUSGEGEBEN VON DER GESELLSCHAFT
„URANIA"

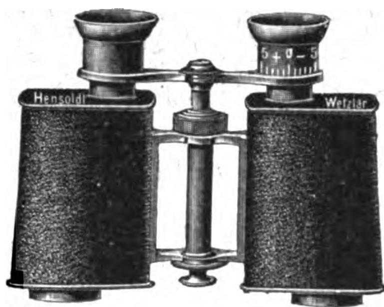
REDAKTEUR DR. P. SCHWAHN



BERLIN
HERMANN PAETEL VERLAG

Preis vierteljährlich 3 Mk. 60 Pfg. Einzelne Hefte 1 Mk. 60 Pfg.

Digitized by Google



Prismenbinocles
von
Goerz, Zeiß, Voigtländer, Hensoldt etc.
habe billig als Gelegenheit abzugeben.
Großes Lager von
photograph. Apparaten u. Objektiven.
Verlangen Sie gratis das letzte Lagerverzeichnis
Georg Leisegang
BERLIN, Hauptgesch.: Leipzigerstr. 86
Zweiggesch.: Schloßplatz 4.

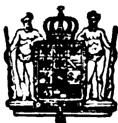
G. A. Schultze,

Charlottenburger Ufer 53/54 CHARLOTTENBURG Charlottenburger Ufer 53/54

Fabrik für technische Messinstrumente.
(Glas-Präzisions-Instrumente.)
Fern- und Signal-Thermometer, Feuerungs-Kontroll-Apparate.

Hans Heele, Berlin,

Grüner Weg 104
Astronomische Objektive
von bisher unerreichter Schärfe und Auflösungsvermögen,
Refraktoren, Tuben, Astro-Spektroskope etc.
Uviolglas-Spektrographen.
GRAND PRIX: PARIS 1900 u. ST. LOUIS 1904.



Gegründet 1825. **Friedrich Tiede** Gegründet 1825.
astronomischer Uhrmacher,
BERLIN W., Charlottenstrasse 49.

Eigene Fabrikation **astronomischer Pendeluhren und Marine-Chronometer**
Präzisions-Taschenuhren etc.
Alle Gattungen stilgerechter Haus- und Wanduhren.
Ausführung der schwierigsten Reparaturen.

Anzeigen auf dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Instrumentenkunde, **insbesondere der Mechanik und Optik** **wirken erfolgreich** in der illustr. naturwissenschaftlichen Monatsschrift **„Himmel und Erde“.**

Digitized by Google

Empfehlenswerte Firmen auf dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Instrumenten-Kunde, insbesondere der Mechanik, Optik, Elektrotechnik, Chemie, Physik und Pharmacie.

Anzeigen werden jederzeit, jedoch nur für ein ganzes Jahr angenommen.
Ein Kästchen (12 mal) = Mk. 24,–.

Physikalische und Projektions-Apparate
neuer Konstruktion.
FERDINAND ERNECKE,
Hoflieferant Sr. Majestät des Kaisers.
Berlin-Tempelhof, Ringbahnstr. 4.

ROBERT HIMMEL
photochemigraphische Kunstanstalt.
Buchdruck-Klischees
in Autotypie, Strichätzung etc.
Tadellose Ausführung.
BERLIN, N. 31, Brunnenstr. 62.

Gülcher's Thermosäulen mit Gasheizung.
Vorteilhafter Ersatz für galvanische Elemente
Konstante elektromotorische Kraft.
Geringer Gasverbrauch.
Hoher Nutzeffekt.
Keine Dämpfe. Kein Geruch.
Keine Polarisation, daher keine Erschöpfung.
Betriebsstörungen ausgeschlossen.
Alleinige Fabrikanten:
Julius Pintsch, Aktiengesellschaft, Berlin O.

E. Mentz vorm. H. Fleischer
Berlin N., Chausseestr. 2E.
Chemische u. physikalische Waagen u. Gewichte.
Technische Waagen u. Gewichte,
Kataloge kostenfrei.

Max Stuhl
Berlin N., Friedrichstraße 180.
Glastechnische Werkstätten
zur Anfertigung von Instrumenten und Apparaten für alle Zweige der Wissenschaft und Technik. (886)

Technisches Institut und Fabrik für
Laboratoriums - Apparate
für Chemie, Bakteriologie, Physik und Hygiene.
Präparatengläser f. naturwissenschaftl. Sammlungen.
Dr. Rob. Muencke,
***BERLIN NW.,** Luisenstrasse 58.*

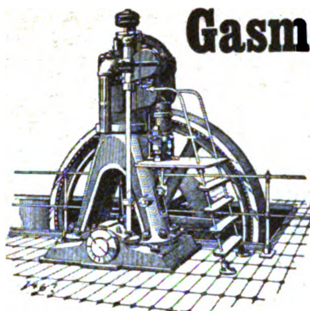
Sommer & Runge Berlin SW., Wilhelmstr. 122
Werkstätte f. Präz.-Arbeiten. Phys. Apparate.
Spez.: Instrum. f. Teilungen (Längenteilmasch.). Ausrüstungen f. Aichungsämter (Längenmaße, Flüssigkeitsmaße, Hohlmaße etc.). Getreideprober, Konsistenzmesser u. dergl. Petroleumprober, Flammpunktsprüfer, Viskositätsmesser.
Interessenten erhalten illustr. Katalog gratis.

Elektr. Neuheiten, Lehrmittel
Akkumulatoren und physikalische Waren
Elektrizitäts-Quelle
G. Weiner
Berlin SW., Friedrichstr. 56
Fernsprecher Amt 1, No. 1653.

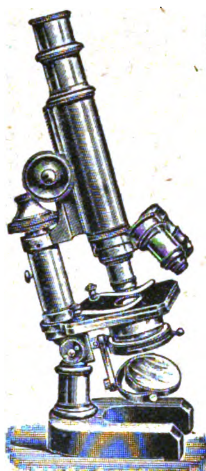
Dr. W. Hampe,
BERLIN SW., Zimmerstrasse 97.
Versuchsanstalt u. chemisch-analytisches Laboratorium für Technik und Gewerbe.

Engros. **R. Schering** Export.
BERLIN N., Chausseestrasse 19.
Chemikalien, Reagentien, Normallösungen etc. für Pharmacie, Photographie, Zuckerfabriken, Brennereien, Laboratorien etc.
in bekannter vorzüglicher Reinheit zu Fabrikpreisen.
Ausführliche Preisliste zu Diensten.

Digitized by Google



Gasmotoren-Fabrik Deutz
Berlin W. 8 Kronenstr. 14
Dieselmotoren - für billige Rohöle
Sauggas-Anlagen
Motoren für alle Brennstoffe
Lokomobilen Lokomotiven

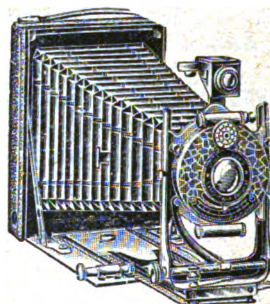


Paul Waechter
Optische Werkstätte
Berlin-Friedenau.

Mikroskope

Kataloge gratis!

Grosses Lager von
Photograph. Gelegenheitskäufen
Mikroskopen, Binocles etc.
Georg Leisegang, Berlin.



Hauptgesch.: **Leipziger-Str. 88.** Fernspr.: I 2160.
Zweiggesch.: **Schloß-Platz 4.** Fernspr.: I 2160.

Codewörterverzeichnis „Alphabeta".
Bei Benutzung desselben sind Irrtümer im telegraphischen Verkehr vollkommen ausgeschlossen.
Gültig für alle Sprachen.
Man verlange gratis und franko ausführliche Prospekte von
Hermann Paetel, Berlin SW. 68.

Baumschulen-Landschaftsgärtnerei
Koch & Rohlfs - Seehof-Berlin.
Lieferanten deutscher Fürstenhäuser.
Vielfach prämiiert. Gegründet 1866.
Obst- und Alleebäume, Gehölze,
Bearbeitung von Neuanlagen
Fernsprecher Gross-Lichterfelde 1191.

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichnis.

September 1908.

Redaktionelle Mitteilungen, Austauschexemplare anderer Zeitschriften, sowie Einsendungen der Autoren sind an die Adresse „Himmel und Erde, Berlin W., Taubenstrasse 48/49", zu senden.

Bestellungen auf die Zeitschrift „Himmel und Erde" sind nicht an die Gesellschaft Urania, sondern an die Verlagsbuchhandlung Hermann Paetel, Berlin SW. 68, Kochstr. 67, zu richten. Probehefte versendet die Verlagsbuchhandlung gratis.

Die Herren Aktionäre der Gesellschaft Urania dagegen wollen ihren Antrag auf freien Bezug der Zeitschrift „Himmel und Erde" direkt an die Gesellschaft Urania richten.

Die Abonnenten in Deutschland erhalten die Monatsschrift im Postbezuge, müssen aber, wenn sie ihren Wohnsitz ändern, die Überweisung nach dem neuen Wohnort bei dem Postamt des bisherigen Wohnortes unter Zahlung der Überweisungsgebühr von 50 Pfg. selbst beantragen.

Königl. Preuss. Staatsmedaille. **W. Niehls,** Paris 1900, St. Louis 1904. Goldene Medaille.

BERLIN SW. 48, Friedrichstrasse 244.

Empfohlen durch die Herren Schott und Genossen, Jena.

Thermometer, Glastechnische Apparate, Härte-Skala für Glas.

Spezialität: **Hochgradige Quecksilber-Thermometer,** bis 530° bis 575° sicher anzeigend.

Mit und ohne Prüfungs-Schein der Phys.-Techn. Reichsanstalt.

Besonders geeignet für

Herbstlandschaften mit buntem Laub u. s. w., sowie für **Wolkenstudien:**

„Agfa"-Chromo-Platten

30° W. = 16/17° Sch.

Hochgelbgrünempfindlich.

Ohne Gelbscheibe anwendbar.

Vorzügliche Haltbarkeit.

Bezug durch die Photohändler.

Digitized by Google

Verlag von Gebrüder Paetel in Berlin W.

Die Natur und Wir.

Leichtverständliche Aufzeichnungen.

Von **Dr. J. Reinke,** Professor der Botanik an der Universität Kiel.
Oktav. 2. Auflage. Geh. M. 5.—, elegant geb. M. 6.—.

Der Montblanc.

Studien im Hochgebirge, vornehmlich in der Montblanc-Gruppe.

Von **Paul Güßfeldt.**
Mit acht Illustrationen in Lichtdruck, einer Karte und drei Diagrammen.
Gr. 8°. Geh. M. 12.—, geb. M. 14.—.

Reise in den Andes von Chile und Argentinien.

Von **Paul Güßfeldt.**
Mit einer Übersichtskarte und zwei Spezialkarten.
Gr. 8°. Geh. M. 12.—, eleg. in Halbfranz geb. M. 14.—

Indische Reisebriefe.

Von **Ernst Haeckel.**
4. Auflage. Mit dem Porträt des Reisenden und 20 Illustrationen in Lichtdruck (nach Photogrammen und Originalaquarellen des Verfassers) sowie mit einer Karte der Insel Ceylon.
Geh. M. 16.—, elegant in Halbfranz geb. M. 18.—.

Erinnerungen an die ostasiatischen Kaiserreiche u. Kaiser.

Rußland—China—Korea—Japan.

Von Mgr. **Graf Vay de Vaya,** Ap. Pr. HP. SH.
Gr. 8⁰. Geh. M. 6.—, elegant in Halbfranz geb. M. 8.—.

Inhalt: Einleitung. — Der Zar aller Russen zu Hause. — Nach dem fernen Osten auf der transsibirischen Bahn durch Sibirien. — Die Mandschurei am Vorabend des Krieges. — Peking. — Im Sommerpalast des Kaisers von China. — Korea. — Der erste Tag in Söul. — Empfang am Kaiserlichen Hoflager von Korea. — Tokio. — Der Mikado und die Kaiserin. — Japan und China an der Schwelle des XX. Jahrhunderts. — Nachwort.

Digitized by Google

Geschäftliche Mitteilungen.

Das **Technikum Mittweida** ist ein unter Staatsaufsicht stehendes höheres technisches Institut zur Ausbildung von Elektro- und Maschinen-Ingenieuren, Technikern und Werkmeistern, welches alljährlich ca. 3000 Studierende zählt. Der Unterricht sowohl in der Elektrotechnik als auch im Maschinenbau wurde in den letzten Jahren erheblich erweitert und wird durch die reichhaltigen Sammlungen, Laboratorien für Elektrotechnik und Maschinenbau, Werkstätten und Maschinenanlagen etc. sehr wirksam unterstützt Das Wintersemester beginnt am 20. Oktober 1908, und es finden die Aufnahmen für den am 29. September beginnenden unentgeltlichen Vorunterricht von Anfang September an, wochentäglich statt. Ausführliches Programm mit Bericht wird kostenlos vom Sekretariat des Technikum Mittweida (Königreich Sachsen) abgegeben. In den mit der Anstalt verbundenen ca. 3000 qm Grundfläche umfassenden Lehr-Fabrikwerkstätten finden Volontäre zur praktischen Ausbildung Aufnahme. Auf allen bisher beschickten Ausstellungen erhielten das Technikum Mittweida bzw. seine Präzisions-Werkstätten hervorragende Auszeichnungen. Industrie- und Gewerbeausstellung Plauen: die Ausstellungsmedaille der Stadt Plauen „für hervorragende Leistungen". Industrie- und Gewerbeausstellung Leipzig: die Königl. Staatsmedaille „für hervorragende Leistungen im technischen Unterrichtswesen". Industrieausstellung Zwickau: die goldene Medaille „für hervorragende Leistungen". Internationale Weltausstellung Lüttich: den Prix d'honneur.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Soeben erschien:

Simon Newcombs Astronomie für jedermann.

Eine allgemein verständliche Darstellung der Erscheinungen des Himmels.
Aus dem Englischen übersetzt von **F. Gläser.**

Durchgesehen von Prof. Dr. **R. SCHORR,** Direktor,
und Dr. **K. GRAFF,** Assistent der **Hamburger Sternwarte.**

Mit 2 Tafeln und 68 Textabbildungen. — **Preis: 4 M., geb. 5 M.**

Zeitungs-Nachrichten
in Original-Ausschnitten
über Politik, Handel, Industrie, Kunst und Wissenschaft sowie über alle sonstigen Themata liefert zu mäßigen Preisen das
Nachrichten-Bureau
Adolf Schustermann
BERLIN
Illustr. Broschüre, Referenzen etc. gratis und franko.



NEWCOMBs ASTRONOMIE FÜR JEDERMANN

Eine allgemeinverständliche Darstellung der Erscheinungen des Himmels.

Aus dem Englischen übersetzt von F. Gläser.
Durchgesehen von
Prof. Dr. Schorr und Dr. K. Graff
Direktor, Assistent
der Hamburger Sternwarte.
Mit 2 Tafeln und 68 Textabbild.
Preis: 4 M., geb. 5 M.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Kgr. Sachsen.
Technikum Mittweida.
Direktor: Professor A. Holst.
Höhere technische Lehranstalt für Elektro- u. Maschinentechnik.
Sonderabteilungen f. Ingenieure, Techniker u. Werkmeister.
Elektr. u. Masch.-Laboratorien.
Lehrfabrik-Werkstätten.
Höchste bisherige Jahresfrequenz: 3610 Besucher. Programm etc. kostenlos v. Sekretariat.

Das Kontor.
Zeitschrift für Kaufleute.
Chefredakteur: Julius Salomon.

Vornehmstes Fachblatt Deutschlands
Erscheint jeden Monat.
Abonnementspreis: Mark 10,— pro Jahr.

Berlin—Charlottenburg,
Bismarckstr. 81.

Allgemeiner Verein für Deutsche Literatur. Berlin SW. 68, Kochstr. 67.

Ein Epoche machendes Werk über Amerika unter besonderer **Berücksichtigung des Deutschtums** sind die

Amerika-Wanderungen eines Deutschen

von **Johannes Wilda.**

Drei Bände.

I. In der Mitte des Kontinents.

Mit 26 Illustrationen und 1 Karte.
8°. VII und 367 Seiten. Preis für Nichtmitglieder: geh. M. 6.—, elegant gebd. M. 7.50.

II. Zwischen Alaska und Peru.

Mit 26 Illustrationen und 1 Karte.
8°. IV und 339 Seiten. Preis für Nichtmitglieder: geh. M. 6.—, elegant gebd. M. 7.50.

III. Im Südkontinent der Mitte.

Mit 26 Illustrationen und 1 Karte.
8°. VI und 391 Seiten. Preis für Nichtmitglieder: geh. M. 6.—, elegant gebd. M. 7.50.

Obwohl **jeder Band ein in sich abgeschlossenes Ganzes** bildet, tritt das nunmehr vollständig vorliegende Gesamtwerk aus dem Rahmen der üblichen Reisewerke heraus: es wird zum **Bericht über eine nationale Erkundungsfahrt** durch den ganzen amerikanischen Kontinent, auf der wohl **viel Erfreuliches** über das **Wirken des Deutschtums** gemeldet wird, aber auch die **Misserfolge und Schattenseiten werden nicht verschwiegen**, für letztere gibt der Verfasser **wichtige Ratschläge und Winke.** Die glänzende farbenprächtige Schilderung Wildas hält den Leser von Anfang bis zu Ende gefangen.

Digitized by Google

Photo! ACTIEN-GESELLSCHAFT FÜR ANILIN-FABRIKATION, BERLIN SO. 36. ☆ Photographische Abteilung.

„Agfa"-Belichtungstabelle

für Tageslicht und Blitzlicht!

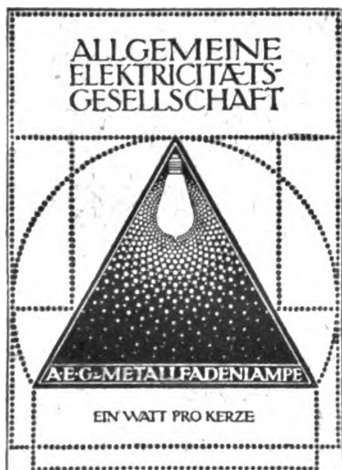
Ermittelt durch einfache Schieberverstellung

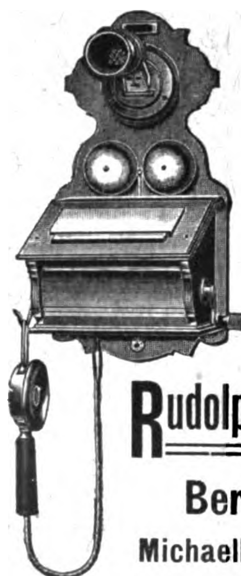
für **Tageslichtaufnahmen** die genaue Belichtungszeit,

für **Blitzlichtaufnahmen** die erforderliche „Agfa"-Blitzlichtmenge.

Keinerlei Berechnung nötig.

à **75** Pfg. durch die Photohändler. Kompendiös. Gewicht 30 gr. **Leicht zu handhaben!**





Telegraphen-Bauanstalt.

Rudolph Krüger,

Berlin SO.

Michaelkirchstr. 41.

BERLIN W.
Königgrätzer Strasse 90 (Lettehaus)

Gewerbe-Akademie

Polytechnisches Institut f. Elektrotechnik, Maschinenbau, Hochbau u. Bauingenieurwes.

Staatlich inspiziert

Die besten Ratschläge bei der Auswahl von

Festgeschenken

gibt der **ausführliche, reich illustrierte Katalog** über die bisher erschienenen

146 Veröffentlichungen des Allgemeinen Vereins für deutsche Literatur.

Berlin SW. 68, Kochstrasse 67.

Zusendung kostenlos! Verlangen Sie!

Digitized by Google



Preis Mark 3.—.

Das Buch behandelt den <u>kommenden Kampf zwischen Nord- und Süd-amerika, an dessen Ausgang alle Kulturstaaten der Welt interessiert sind.</u>

Zu beziehen durch jede Buchhandlung sowie direkt vom Verlag

Hermann Paetel, Berlin SW. 68.

Kochstr. 67.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

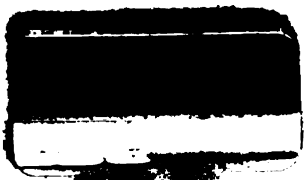
Digitized by Google

Digitized by Google

1909







Digitized by Google

Google